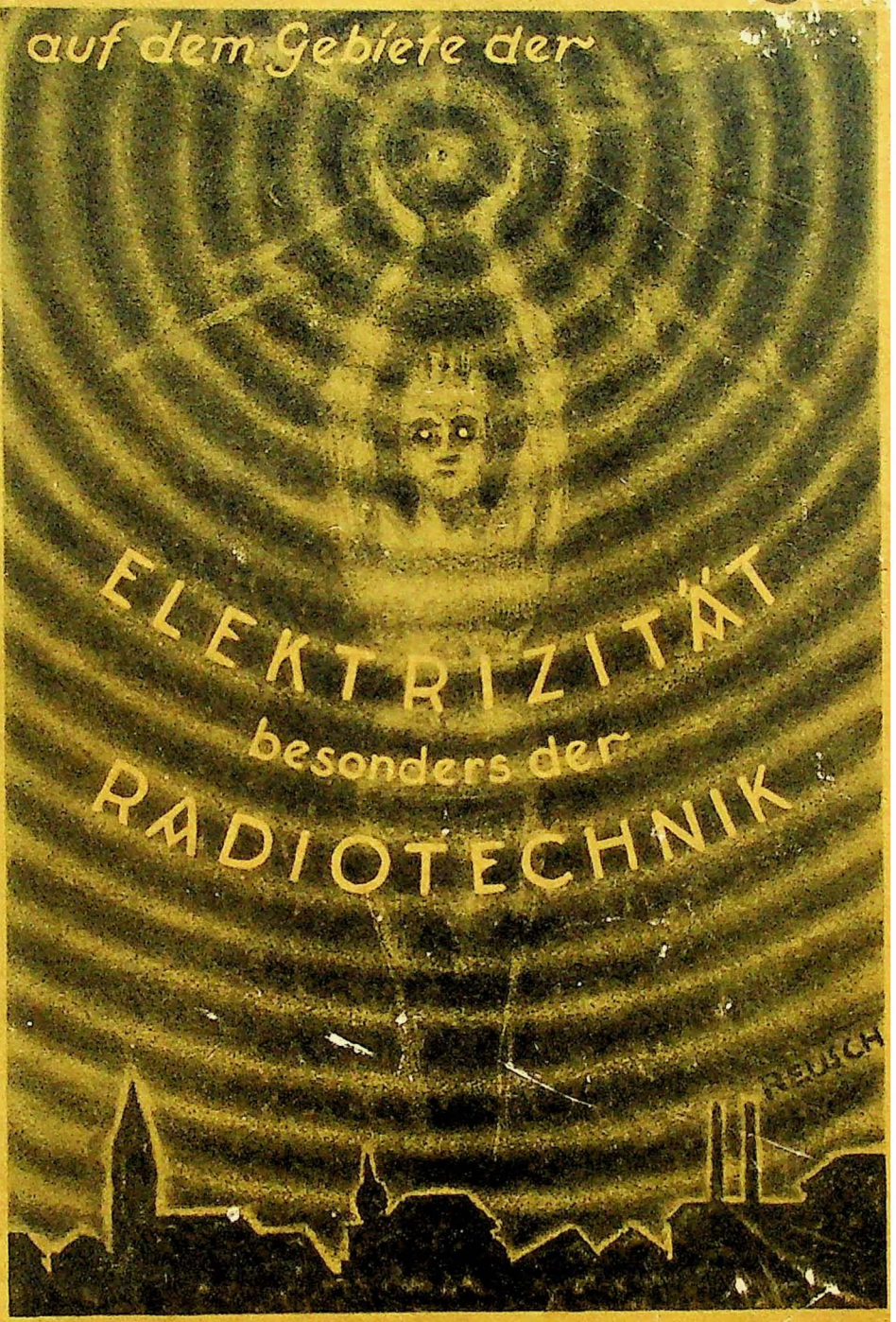
Die neusten Erfindungen

auf dem Gebiete der



Die
Neuſten Erfindungen
auf dem Gebiete der
Elektrizität beſonders der Radiotechnik

Der Beſchreibung und Erläuterung der zahlreichen Erfindungen, Apparate und Einrichtungen liegt authentiſcher Informations- und Illuſtrations-Stoff zugrunde. Wir erwähnen beſonders, daß folgende Firmen dazu beigetragen haben:

Allgemeine Elektrizitäts-Geſellſchaft, Anſchütz & Co., Geſellſchaft für drahtloſe Telegraphie (Telefunken), Prof. Dr. Arthur Korn, Deutſche Maſchinenfabrik Duisburg, Siemens & Halske, Siemens-Schuckertwerke, Voigt & Häffner.

Von dem umfangreichen für dieſen Band vorgeſehenen Material mußte aus Raummangel mancherlei zurückgeſtellt und die Auswahl auf das Intereſſanteſte beſchränkt werden.

Wir wollen nicht verfehlen, für die freundliche Unterſtützung unſeren beſten Dank auszuſprechen. Weitere Übermittlungen betreffend Neuerungen auf dem Gebiete der Elektrizität und der Radiotechnik, die für Neuauflagen in Frage kommen könnten, bitten wir uns auch fernerhin gütigſt zu überlaſſen, damit wir dieſes Werk dauernd verbeſſern können.

Der Verlag

Die Neuſten Erfindungen

auf dem Gebiete der

Elektrizität

beſonders der

Radiotechnik

*

Gemeinverſtändlich bearbeitet und herausgegeben

von

Victor Achenbach

Mit 270 Original-Illuſtrationen

Herlet & Hetzel, G. m. b. H., Berlin-Grunewald

1924

Alle Rechte, insbesondere die Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Jeder unberechtigte Nachdruck, auch einzelner Abschnitte, ist verboten.

Copyright in the United States of America.

Torgauer Druck- und Verlagshaus G. m. b. H.
Torgau a. E.

Vorwort

Die letzten Jahrzehnte brachten auf allen Kulturgebieten umwälzende Neuerungen und ganz beſonders iſt es das gewaltige Gebiet der Elektrizität, wo kaum geahnte Erfindungen und Entdeckungen gemacht wurden. Gelang es doch dem jüngſten und ſtolzeſten Zweig der Elektrizität, „der drahtloſen Telegraphie und Telephonie", in kurzer Zeit ſich den ganzen Erdball zu erobern. Noch nie iſt es irgend einer techniſchen Erfindung beſchieden geweſen, ſo überraſchend ſchnell in das Volk einzudringen, wie gerade der Rundfunk.

Nach langem Kampfe der Intereſſenten iſt in Deutſchland der in anderen Ländern längſt verbreitete Unterhaltungsrundfunk freigegeben worden, ſo daß die Zeit nicht mehr fern ſein dürfte, wo auch hierzulande in faſt jedem Hauſe ein Empfangsgerät vorhanden ſein wird, wie es bereits jetzt in Amerika der Fall iſt. Noch vor 26 Jahren wußte man von dieſem ganzen Gebiet nichts; heut aber werden die Ätherwellen zur Unterhaltung in fernabgelegnen einſamen Bauernhäuſern verwendet. Dieſe Entwicklung iſt ſo beiſpiellos, daß es wohl berechtigt iſt, der drahtloſen Technik, wozu ja die neue Radiotechnik auch gehört, hier einen beſonders breiten Platz einzuräumen. Das Intereſſe dafür iſt groß und wir waren dank dem Entgegenkommen der führenden europäiſchen Firma, der Geſellſchaft für drahtloſe Telegraphie (Telefunken) in der Lage, überaus intereſſanten Stoff in Text und Bild bereitzuſtellen und dem deutſchen Publikum zugänglich zu machen.

Darüber hinaus ſind in dem Buche zahlreiche neue Erfindungen und Einrichtungen beſchrieben und erläutert, die ſonſt im allgemeinen ebenfalls nicht leicht zugänglich ſind. Ich möchte beſonders auf die elektriſchen Kreiſelapparate hinweiſen, die in der See-, der Luftſchiffahrt, der Fliegerei und in der Bergbautechnik immer mehr Anwendung finden, auf die großen

Errungenſchaften in der automatiſchen Telephonie, auf die in der Telegraphie durch den Siemens-Schnelltelegraphen hervorgerufnen Umwälzungen, und auf die elektriſchen Maſchinen und Transformatoren rieſigſter Ausmaße, die hier durch Beiträge namhafter Spezialfachmänner dargeſtellt ſind.

Obwohl der größte Wert auf eine ſachlich und fachlich einwandfreie Darſtellung gelegt wurde, ſind die Ausführungen dennoch allgemeinverſtändlich gehalten, ſo daß beſonders die reifere Jugend ſowie alle techniſch Intereſſierten das Buch mit Nutzen und Genuß gebrauchen können und darin eine übergroße Fülle anregendes und wertvolles Material finden.

Wir hoffen deshalb, daß ſich das Buch in der volkstümlichen Literatur einen Platz erobern wird.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Siemensstadt — das Herz der Elektrotechnik 15
Wie große Erfindungen gemacht wurden 17
Der erste Telegraph 17
Cooke und Wheatstone 18
Morse 20
„Drahtlos" 22
Telegraphie zum Mars 23
Das elektrische Feld der Atmosphäre 27
Werte einiger Wellenlänge (in Luft) 28
Die Etappen der drahtlosen Technik 29
Die Großstationen der drahtlosen Telegraphie . . . 38
Die drahtlose Großstation als Kulturerscheinung 38
Die Großstation Nauen 39
Die Entstehung der Station 39
Das Knallfunkensystem 40
Die Herrschaft des Löschfunkensystems 44
Strahler und Antennenträger 49
Der Hörempfänger 50
Der Detektor 51
Der Empfang 51
Die Entwicklung der Anlage Nauen 52
Das deutsche Kolonialnetz 60
Maschinensender und Konstruktion von Hochfrequenzmaschinen 61
Graf von Arcos Hochfrequenzmaschine 62
Die Frequenzverdopplungs-Transformatoren 66
Sonstige Ausrüstung der Anlage 66
Der Betrieb der Maschinensender-Anlage 68
Die Vorteile der Arcoschen Methode 72
Vorrichtung zur Erzielung ganz gleichförmiger Wellen . 74
Der Monumentalbau der Station Nauen 76
Die Antennenanlage 81
Antennen- und Turmanlage „B" 83
Erdungsanlage 85

Der Blitzschutz in Nauen 86
Bauschwierigkeiten 88
Drahtloser Überſee-Verkehr A.-G. Transradio 88
Die Reichweiten 89

Schon wieder Neues aus Nauen 90
Die Antennenformen und ihre Eigenſchaften 90
Die neue Antenne für Nauen 92
Abzapf-Sender in Nauen 92
Nauen ſieht jedesmal anders aus 94

Die Aufgaben der Großſtation Nauen 95
Das Zeitſignal für die Welt 95
Telefunken-Zeitſignalempfänger 96

Nauen und der Weltverkehr 101
Der Artikel 197 des Verſailler „Friedensvertrages“ . . 101
Der Amerika-Verkehr 102
Das deutſche Weltfunknetz 102
Andre Weltfunknetze 103
Die Koſten der drahtloſen und der Drahttelegraphie . . 103
Die Entwicklung des deutſchen Überſeefunkverkehrs . . . 104

Die Rahmenantenne 104
Offne und geſchloſſne Antennen 104
Die erſten Rahmen 105
Der Rahmenempfang 106
Die „Richtwirkung“ des Rahmens 108
Die „Störungsfreiheit“ des Rahmens 108

Der Duplexbetrieb 110
Was iſt Duplexbetrieb? 110
Die klaſſiſche Duplexanlage 110
Die höchſte Leiſtung 112
Rahmen mit offner Antenne 114
Transradio-Betriebszentrale 115

Rocky Point — Nauen 116

Transradio 121
Die techniſche Kulturſtellung des Empfängers 121
Geltow — das kleine Nauen 121
Duplexbetrieb in Geltow 122
Die Betriebszentrale in Berlin 123
Der Mehrfachbetrieb der Betriebszentrale 124
Geltow — das Transradio-Ohr 125
Wie funkt man nach Amerika? 127

Die Radiogroßſtation Eilveſe 128
Der „Spieglungs“generator 128

Die Goldſchmidtſche Hochfrequenzmaſchine 128
Die erſten Goldſchmidtmaſchinen 131
Die Konſtruktion der Goldſchmidtmaſchine 132
Die Taſtung beim Telegraphieren 132
Die Station Eilveſe 133
Die Kraftanlage 134
Die Antenne 134
Die Erdungsanlage 136
Die Leiſtungen der Großſtationen Nauen und Eilveſe . . 136
Die Empfangsanlage 137

Die Großſtation Aſſel in Holland und ihre Gegenſtation Malabar auf Java 139

Wie man Großſtationen baut 145
Warum, wozu und wohin baut man eine Großſtation? . 145

Das Elektronenrelais, der moderne drahtloſe Univerſalapparat 156
Univerſalapparat oder Arbeitsteilung der Funktionen? . 156
Das Elektronenrelais — ein Glasapparat 158
Gas- und Vakuumröhre 158
Die Glühkathodenröhre 159
Das Elektronenrelais 159
Das Elektronenrelais als Verſtärker 160
Rückkopplung 162
Das Elektronenrelais als Schwingungserzeuger 162
Das Elektronenrelais als Detektor (Audion) 163
Das Elektronenrelais iſt der feinſtmögliche Relaisapparat 163
Die praktiſche Form des Elektronenrelais 166
Der Röhren-Empfangsverſtärker 167
Nieder- und Hochfrequenzverſtärkung 168
Der Überlagrer 168

Der Röhrenſender 170
Allgemeines 170
Das Telefunken-Lehrgerät 170
Das Lehrgerät als Sender 171
Das Lehrgerät als Empfänger 173

Der Glockenton-Sender von Prag 175

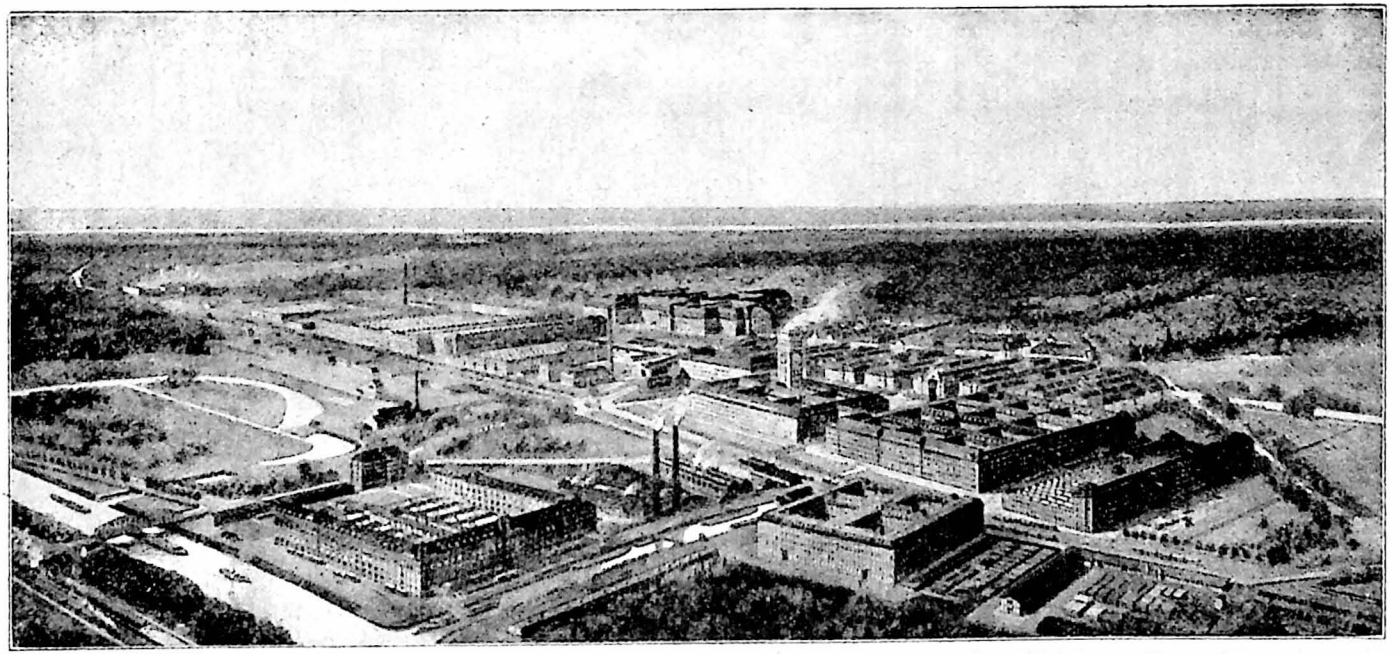
Ortsbeſtimmung mittels drahtloſer Telegraphie . . . 179
Die praktiſche Aufgabe 179
Gerichtete Telegraphie 179
Der Telefunkenkompaß 182
Drahtloſer Kursweiſer 185
Die Peilung mit Empfangsrahmen 186

Der neue Telefunken-Peiler 187
Peilen unter der Erde 189
Der Siemens-Schnelltelegraph 191
Die wirtschaftliche Bedeutung der Telegraphiergeschwindigkeit 191
Der Siemens-Schnelltelegraph 191
Der Locher des Siemens-Schnelltelegraphen 192
Der Sender 194
Der Empfänger 195
Die Umschaltung 196
Betriebstechnisches 197
Schnellempfang in der drahtlosen Telegraphie . . . 200
Der Empfangs-Phonograph 200
Das Telegraphon 200
Schreibempfang 201
Der Schnellmorse 202
Vergleich der Empfangsarten 202
Das Telegraphon 205
Der „drahtlose Scheinwerfer" 206
Eine polytopische Uhr 207
Rundfunk und Rundspruch 211
Drahtlose Telegraphie für Jedermann 211
Das amtliche deutsche drahtlose Netz 211
„Blitzfunk" 212
Auslands- und Überseeverkehr 212
Der Wirtschafts-Rundfunk 213
„Drahtlose" für Jedermann 214
Über das Radio-Amateurwesen 214
Telefunken-Amateurgeräte 217
Detektor-Empfänger 218
Audion-Empfänger 218
Die Bedienung des Telefunkons B 220
Telefunkon C 221
Telefunkon D 221
Was der Telefunkenmann mit seinem Heim-Radio hört . 222
Der drahtlose Rundspruch im Ausland 227
Vereinigte Staaten von Nordamerika 227
Südamerika und Südafrika 227
Australien 228
Frankreich 228
Belgien 229
Schweiz 229
Norwegen 229

Schweden 229
Holland 230
England 231
Drahtlose Telephonie im Schiffsverkehr 233
Ein Telefunkensender für den Unterhaltungs-Rundspruch 234
Der Unterhaltungsrundfunk 237
Die deutsche Stunde 237
Der lokale Unterhaltungsrundfunk 239
Bedingungen für die Errichtung privater Empfangsanlagen 241
Merkblatt für die Genehmigung von Rundfunkempfangsanlagen 242
Das Osophon 244
Das Zeitsignal im Rundfunk 245
Ausländische Rundfunksender und Sendezeiten . . . 245
Telegraphierregeln 246
Die Morseschrift 247
Umrechnung von Arbeitseinheiten 247
Drahtlose Telephonie 248
Hoffnungen und Aussichten 248
Die Vorteile des „Drahtlosen" 248
Die Geheimhaltung der drahtlosen Nachrichten 249
Wie das Telephon „geht" 249
Wie das drahtlose Telephon „geht" 250
Warum die drahtlose Telephonie praktisch bedeutungslos war 251
Das Bedürfnis nach drahtloser und die Notwendigkeit der „drahtlosen Drahttelephonie" 252
Das Mikrophon und die Sprachreinheit der Hochfrequenztelephonie 253
Telephonie mit Hochfrequenzmaschine 253
Telephonie mit Röhrensender 255
Verbindung drahtloser mit Leitungstelephonie 255
Die Aussichten der drahtlosen Telephonie 257
Hochfrequenz-Mehrfachtelegraphie und -telephonie auf Leitungen 258
Der akustische Resonator 258
Trennung überlagerter elektromagnetischer Wellen . . . 259
Mehrfachtelegraphie und -telephonie auf Leitungen . . . 259
Mehrfachtelegraphie und -telephonie mit Hochfrequenz . . 260
Wie die Apparate für Hochfrequenztelephonie auf Leitungen aussehen 263

Die Anwendung des neuen Verfahrens 267
Das Berliner Hochfrequenzfernamt 269
Vom Schattenstab über die Normaluhr zum Weltzeitsignal 274
Zeitdienstanlagen in Betrieben und in der Öffentlichkeit 277
Der Kurzschluß als Übeltäter 285
Moderne Feuermelder 289
Statistischer Nachweis der Wirkung von Feuermeldern . 298
Der elektrifizierte Kreisel und seine technischen Anwendungen 299
Der Kreisel als antikes Kinderspielzeug 299
Der moderne Kreisel und seine Theorie 299
Die Wirkweise des Kreisels 300
Bohnenbergers Apparat 302
Fessels Rotationsapparat 303
Poggendorffs Erklärung der Achsensteifigkeit 304
Der Jahrmarkts- und der Kinderkreisel 305
Die Himmelskörper als Kreisel 306
Die Präzession der Äquinoktien 307
Der Beweis der Erddrehung durch das Barogyroskop . 308
Die rotierenden Maschinen als Kreisel 309
Rotierende Räder und Schienen 309
Das Entgleisen als Kreiselwirkung 310
Die Kreiselwirkung bei andern Gefährten 311
Das Geschoß als Kreisel 312
Der Torpedokreisel als Selbststeurer 312
Schlicks Schiffskreisel 315
Die Einschienenbahn 316
Der magnetische Kompaß 317
Die Erddrehung als Kompaßrichtkraft 319
Der Kreiselkompaß 321
Die „Fehler" des Kreiselkompasses 323
Die Einrichtung des Anschützschen Kreiselkompasses . . . 325
Mutter- und Tochterkompasse 326
Weitre Anwendungen des Kreiselkompasses 327
Der Vermessungskreisel 327
Die technische Anordnung des Vermessungskreisels . . . 328
Die Fehler des Vermessungskreisels 328
Tiefbohrungen in der Erde 329
Der Bohrlochneigungsmesser 331
Der eigentliche Lotapparat oder Geber 333
Der Kreiselkompaß des Lotapparats 333
Das Lotgehänge 333
Der Empfänger 334

Der Lotwagen 335
Kritik des Anschütz-Bohrlochneigungsmessers 335
Der Selbststeurer von Anschütz 336
Wirkweise des Selbststeurers 339
Die Leistung des Selbststeurers 341
Der Fliegerhorizont 341
Der Siegeszug des automatischen Telephons 345
Einiges vom Fernsprechamt New York 353
Die schaltungstechnischen Mittel der automatischen Telephonie 356
Halbautomatischer Betrieb 360
Das elektrifizierte Devisenzimmer 361
Tresorsichrungen 366
Zur Therapie des elektrischen Heizkissens 368
Öltransformator mit Stickstoffschutz 369
Elektrisch beheizte Dampfkessel 369
Hochfrequenz-Induktions- und Härteöfen 371
Elektrischer Glühofen für große Gußteile 372
Elektro-Muffelofen 373
Elektromagnetische Aufspannvorrichtungen 373
Heißwasserspeicher 374
Lasthebemagnete 374
Allgemeines 374
Bauarten 375
Kupfer- oder Aluminiumspulen 376
Steurung der Lasthebemagnete 377
Die wichtigsten Bauarten 377
Behandlung der Magnete 378
Anwendungsgebiete 379
60 000 Kilovoltamperes! 380
Die größte Dynamo der Erde 380
Der mechanische und elektrische Aufbau der Maschine . . 381
Der größte Transformator 389
Die Dynamo der „Konkurrenz“ 392
Bildtelegraphie und Fernsehen 395
Die Aufgabe 395
Die Methode der lichtelektrischen Zellen, im besondern die Selenmethode (Korn) 396
Die telautographische Methode (Korn) 398



Siemensstadt aus der Vogelperspektive

Siemensstadt — das Herz der Elektrotechnik

Wer, von der Neuen Welt kommend, die Alte studieren will und sich über Hamburg der zentralen Stätte deutscher Arbeit nähert, den begrüßen unweit von Nauen die gewaltigen Eisennadeln der Weltstation, deren elektrischer Stimme sich seit einem Jahrzehnt kein Ort des ganzen Erdballs entziehen kann. Kaum sind sie jedoch vorübergezogen, fesselt ein ungewohntes Schauspiel den Reisenden. Kommt er auf seiner Reise am Abend in die Nähe von Berlin, so blinken plötzlich hinter Spandau Tausende hellerleuchteter Fenster durch das Dunkel, beherrscht von hoch darüber schwebenden leuchtenden Zeigern, die auf kreisrunden hellen Scheiben die Zeit durch die Nacht künden.

Siemens

Dieser durch die Welt und die Jahrzehnte strahlende Name sollte auch materiell sichtbar über dem Ganzen leuchten, damit jeder weiß, daß er sich im elektrotechnischen Herzen der Welt befindet, da, wo die Elektrotechnik klassisch geworden und alles gebaut wird, was mit Elektrizität auch nur entfernt zu tun hat, vom unscheinbarsten Klingeldruckknopf bis zur 60 000-kW-Dynamo, vom einfachsten Haustelephon bis zum automatischen Amt, vom Verstärkerrohr bis zum Hochfrequenzfernamt.

Dieses Allumfassen der ganzen Elektrotechnik bedingt natürlich Anlagen, die ungeheuerlich groß sind und tatsächlich eine ganze Stadt, nämlich die zu Groß-Berlin gehörende Siemensstadt, umfaßt. Siemensstadt würde für sich allein schon eine moderne Großstadt bilden. Sind hier doch fast 100 000 Angestellte und Arbeiter im Dienste eines einzigen Industriekonzerns tätig! Dabei ist diese Firma vor 75 Jahren als kleine Werkstatt von Werner Siemens in Berlin begründet worden, die sich mit dem Bau von Telegraphen befaßte.

Sorgfältige konstruktive Durchbildung und bis ins kleinste mustergültige Ausführung haben die Erzeugnisse der Siemenswerke in der ganzen Welt bekannt und begehrt gemacht. Ein zweiter Grund für den Weltruf der Siemenswerke ist, daß sie an allen Fortschritten der Elektrotechnik irgendwie, und meist führend, beteiligt waren. Es sei nur an die Entwicklung der Telegraphenapparate erinnert, die im Siemensschen selbsttätigen Schnelltelegraphen eine wohl nicht so bald zu übertreffende Höhe erreicht hat, oder an die Erfindung der Dynamomaschine, die Werner Siemens zu verdanken ist und ohne die die ganze heutige Starkstromtechnik undenkbar wäre. Man kann in der Tat keine Geschichte der Elektrotechnik schreiben, ohne in allen Einzelgebieten auf die Arbeiten und das Wirken der Siemenswerke zu stoßen.

Grundsatz der Siemenswerke war seit Beginn, alles, was die Firma liefert, den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung entsprechend möglichst vollkommen durchzubilden. Das war für ihren Erfolg entscheidend, so daß sich das Unternehmen von Tag zu Tag vergrößerte. Noch lebhafter wurde der Aufschwung, als sich mit der Entwicklung der Starkstromtechnik der Aufgabenkreis erheblich erweiterte. Nach fünfzigjährigem Bestehen, im Jahre 1897, wurde die Firma in die Siemens & Halske Aktiengesellschaft umgewandelt. Diese vereinigte 1903 ihre Starkstromabteilungen mit denen der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, unter Gründung der Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H.

Die Siemenswerke unterhalten nicht nur in Siemensstadt Fabrikations- und Vertriebsstätten. Die Berliner Werke sind über das ganze Weichbild der Stadt zerstreut. Hierzu kommen noch innerhalb Deutschlands Werke in Nürnberg sowie Fabriken in Wien, Budapest und Preßburg. Die Anzahl der über die ganze Erde verbreiteten Zweighäuser, Geschäftsstellen und Vertretungen beträgt mehr als 300.

Das größte der Siemenswerke nach Zahl der Beschäftigten (über 16000) und Umfang der Werkstätten (225000 qm) ist das Wernerwerk der Siemens & Halske A.-G. in Siemensstadt. Sein Arbeitsgebiet ist für ein einzelnes, wenn auch sehr großes Werk außergewöhnlich vielseitig, denn es umfaßt sämtliche Zweige der Schwachstromtechnik ohne Ausnahme, außerdem noch die Elektrochemie und die Herstellung von Wassermessern.

Das Wernerwerk ist recht eigentlich die in ununterbrochener Entwicklung gewachsene älteste Siemenssche Schöpfung, und unwandelbar ist es auch den schon von seinem Gründer befolgten Grundsätzen treu geblieben. Wissenschaftlicher Forscher und gestaltender Ingenieur müssen aufs engste Hand in Hand arbeiten, wenn etwas den Bedürfnissen des praktischen Lebens Entsprechendes entstehen soll. Das Wernerwerk besitzt deshalb eine große Anzahl gut eingerichteter Laboratorien, Prüfräume und Versuchswerkstätten, in denen ein Stab praktisch und theoretisch vorgebildeter Mitarbeiter mit Forschungs- und Versuchsarbeiten beschäftigt ist. Jeder neue Gedanke, der die Elektrotechnik zu fördern verspricht, wird hier geprüft und im Zusammenwirken mit den Versuchswerkstätten der praktischen Verwirklichung nähergebracht. Oft sind jahrelange, mühevolle und große Geldopfer erfordernde Versuche und andre Vorarbeiten und Vorbereitungen nötig, bis etwas wirklich Brauchbares zustande kommt. Und erst wenn dies Ziel erreicht und gleichzeitig die vollkommenste Form für das Neue gefunden ist, beginnt die Herstellung des Apparates in der Werkstatt. Und das fertige Stück wird einer scharfen Prüfung unterzogen, damit es allen Anforderungen der Praxis entspricht.

Wie große Erfindungen gemacht wurden

Der erste Telegraph

Als die Nachricht eintraf, daß es gelungen sei, den Funkspruch über den Atlantischen Ozean zu übermitteln, zeigte sich vielen wohl zum erstenmal mit erstaunlicher Deutlichkeit, was der jüngste Zweig der Elektrotechnik, die drahtlose Telegraphie, zu leisten imstande ist, ein Gebiet, das kaum ein Jahrzehnt zuvor erst grade geboren war.

Das mag den Anlaß dazu geben, zurückzublicken in die Vergangenheit und der Entwicklung der Telegraphie einige Worte zu widmen. Wir wollen uns dabei nur an die Hauptstützpunkte halten und in wenigen großen Sätzen das gewaltige Gebiet durchmessen.

Eine der interessantesten Erinnerungen knüpft an die eigenartige Stellung an, die die Universitäten zum praktischen Leben bis in die neueste Zeit hinein einnahmen. Es ist bekannt, daß sich weite Universitätskreise noch heute dagegen sträuben, der studierenden Jugend Kenntnisse zu vermitteln, die sie für das praktische Leben vorzubereiten geeignet sind, daß sie ausschließlich die wissenschaftliche Seite pflegen wollen. Ein Gebiet, das von jeher die engste Fühlung mit dem praktischen Leben hatte, ist die Physik. Als im Jahre 1837 zwischen Leipzig und Dresden die zweite deutsche Eisenbahn gebaut wurde, befand sich unter den beim Bahnbau beschäftigten Leuten ein intelligenter junger Mann, der von der historisch berühmten Telegraphen-Anlage in Göttingen gehört hatte. Gauß und Weber, Männer, deren Namen mit ehernen Lettern unter den ersten der Kulturgeschichte eingezeichnet sind, hatten bekanntlich zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Kabinett der Universität Göttingen die erste elektrische Telegraphenlinie gebaut, die ihnen dazu diente, sich bei ihren wissenschaftlichen Arbeiten Zeichen und Verständigungen zu geben. Der erwähnte junge Mann kam nun auf die Idee, daß diese elektrische Methode zu telegraphieren — vorher hatte man nur langsam arbeitende akustische und optische Telegraphen — sich für die Signalisierung bei der Eisenbahn vorzüglich und nutzbringend verwerten lassen müßte. Er schrieb also einen begeisterten Brief an Professor Weber nach Göttingen, worin er ihm seine Idee auseinandersetzte, und wartete nun sehnsüchtig auf die Antwort Webers. — Sie kam auch. Aber

wie lautete ſie? Weber ſchrieb etwa folgendermaßen: „Verehrteſter Herr! Ihre Idee mag an ſich ganz ſchön ſein. Wenn Sie aber meinen, Sie könnten ſie jemals für praktiſche Zwecke ausbeuten, dann ſind Sie auf dem Holzwege! Was wir mit unſerm Telegraphen machen, ſind rein phyſikaliſche Dinge, die ſich nie werden in die Praxis umſetzen laſſen. Sie werden ſich hüten müſſen, das etwa zu verſuchen; Sie werden die elektriſchen Leitungsdrähte niemals genügend iſolieren können. Es iſt gar nicht daran zu denken, daß der elektriſche Telegraph jemals für Eiſenbahnen Verwendung finden wird!"

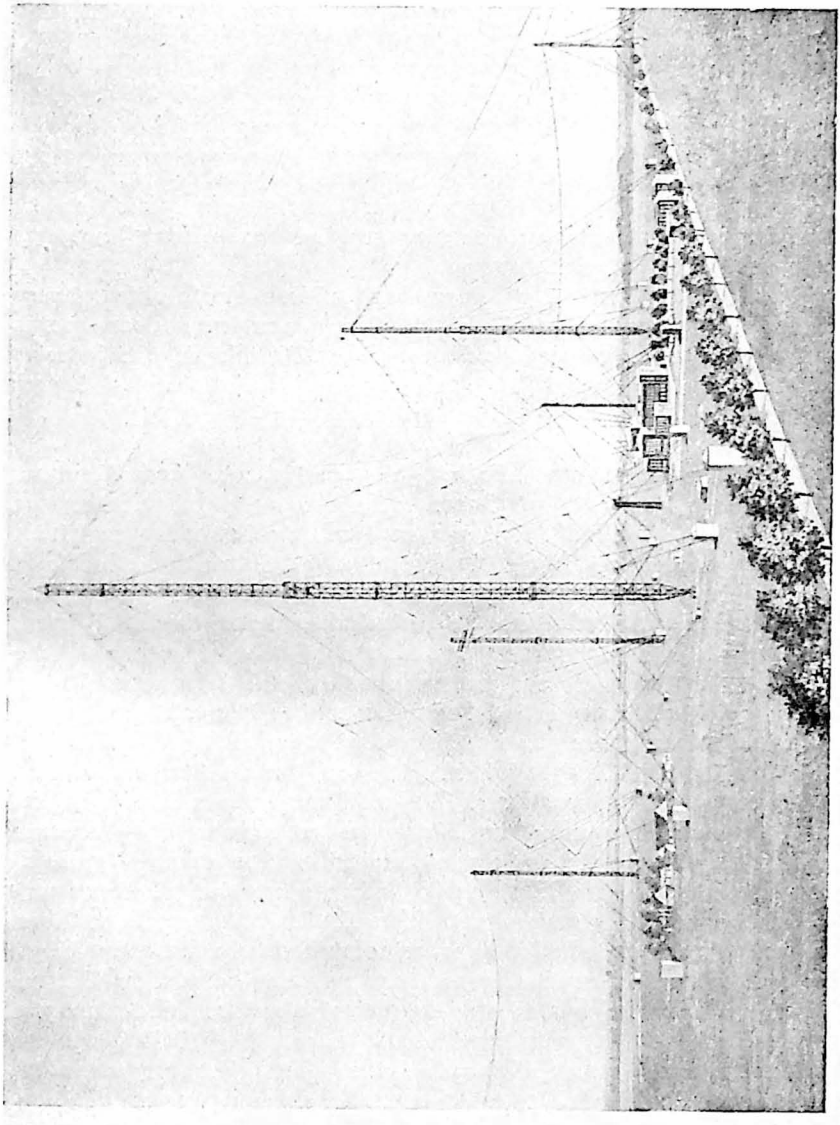
Das Original dieſes Briefes wird in der Stadtbibliothek in Leipzig als koſtbares hiſtoriſches Dokument aufbewahrt. Was lernen wir daraus? — Selbſt Männer von der wiſſenſchaftlichen Bedeutung eines Weber verkannten ihre Wiſſenſchaft ſo, daß wir geringern Sterblichen derartige total mißglückte Prophezeiungen kaum übelnehmen können.

Cooke und Wheatſtone

Zu jener Zeit hatte die Elektrizitätslehre ſchon recht beträchtliche Fortſchritte gemacht. Oerſtedts Verſuche waren allgemein bekannt geworden, und in jeder Phyſikvorleſung wurden die merkwürdigen Erſcheinungen des Einfluſſes des elektriſchen Stromes auf magnetiſche Körper gezeigt, wie z. B. Magnetnadeln unter Einwirkung des elektriſchen Stromes abgelenkt und in ganz beſtimmter Weiſe gerichtet werden und dergl. mehr. Ampère hatte ſogar eine Regel aufgeſtellt, die die mannigfachen dabei möglichen Beziehungen in eine ſehr einfache handliche Form, die ſogenannte Schwimmerregel, brachte. Nun kam 1835 ein junger Engländer, namens Cooke, deſſen Vater eine Präparateanſtalt für Felle und dergleichen beſaß, nach Frankfurt am Main, um in einer der dortigen vorzüglichen Anſtalten ſich techniſch zu vervollkommnen. Er traf dort gelegentlich einen Bekannten, der in Heidelberg Phyſik ſtudierte. Dieſer erzählte ihm beiläufig, daß er bei Profeſſor Muncke ſehr intereſſante Vorleſungen über Elektrizität hörte, und lud ihn ein, ihn doch einmal zu beſuchen; dann könne er ſich den Spaß auch einmal leiſten und einer Vorleſung beiwohnen. Die Sache wurde verabredet, und Cooke kam eines Tages nach Heidelberg. Da er ſich bis dahin niemals mit Elektrizität, ja nicht einmal mit Phyſik beſchäftigt hatte, ſah er mit großem Staunen und Intereſſe die Experimente. Muncke zeigte in jener Vorleſung unter anderm wie alljährlich üblich auch den Oerſtedtſchen Verſuch.

Nach der Vorleſung verabſchiedete ſich Cooke von ſeinem Freunde auffallend eilig, aber mit warmem Händedruck, fuhr ſofort nach Frankfurt, packte ſeine Sachen und reiſte unverzüglich nach London. Dort erkundigte er ſich nach dem bedeutendſten Phyſiker, als welcher ihm Wheatſtone bezeichnet wurde, ging zu ihm hin und ſchlug ihm folgendes vor: Mr. Wheatſtone! Ich habe eine große Erfindung ge-

macht. Wollen Sie sich mit mir assoziiren? Mir fehlen die physikalischen Kenntnisse, die haben Sie, und ich habe die Erfindung.



Gesamtanlage der Welfstation Nauen

Wheatstone schlug ein und beide verbanden sich Anfang Mai 1837 zu gemeinsamer Arbeit. Am 12. Juni desselben Jahres reichten sie beim englischen Patentamte ein „Caveat" ein, beschlossen aber vor der Patentnahme, noch einen Versuch im großen anzustellen. Am

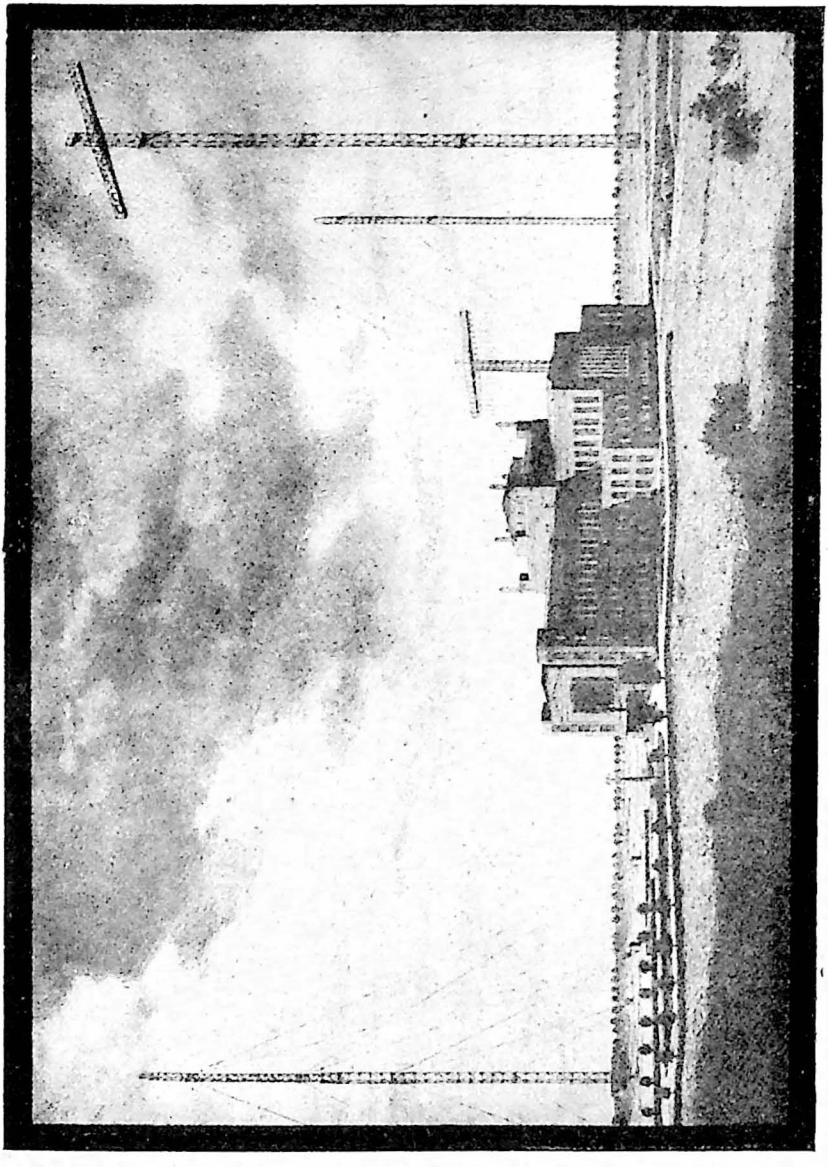
25. Juli wurde daher am Londoner Terminus, der (damaligen) Birminghamer Eisenbahn (jetzt Nordwestbahn) auf einem 1,25 Meilen langen von Easton Square bis Camdden Town gespannten Drahte telegraphiert. Bei Easton Square wurden außerdem noch viele Meilen Draht eingeschaltet, um den Stromkreis künstlich zu verlängern; Cooke hatte sie deshalb in einem der Eisenbahn gehörenden großen Gebäude ausgespannt. Am 19. November schlossen Cooke und Wheatstone einen förmlichen Gesellschaftsvertrag ab, und am 12. Dezember 1837 reichten sie die Beschreibung ihres „Fünfnadeltelegraphen" im Patentamte ein. Im Laufe der Zeit wurde der Nadeltelegraph noch außerordentlich vervollkommnet und er war noch bis vor einem Jahrzehnt bei uns in Deutschland im Gebrauch.

Der Zufall hatte also einen der größten Fortschritte zuwege gebracht, der pure, reine Zufall! Wenn man nun aber meint, das stehe vereinzelt in der Geschichte jeder Wissenschaft da, so wird man durch die Geschichte der Telegraphie jedenfalls eines bessern belehrt.

Morse

Auf dem Paketboote „Sully", das von Havre nach Newyork zurückkehrte, hatte sich im Jahre 1832 eine der bekannten gemischtesten Reisegesellschaften zusammengefunden. Da war ein Mann namens Samuel Finlay Breese Morse, 1791 zu Charlestown in Massachusetts geboren, der sich studienhalber 1811 bis 1815 und später wieder 1829 bis 1832 in Europa aufgehalten hatte, seines Zeichens Historienmaler. Er war zum „Professor of the literature of the art of design" für Newyork ernannt worden, und kehrte aus Italien nach Amerika zurück, um seine Lehrtätigkeit an der Kunstakademie aufzunehmen (hat es aber nie getan). Auf dem Schiffe befand sich ferner ein Dr. Ch. Th. Jackson aus Boston, der in Paris u. a. auch bei Pouillet Physik studiert hatte. Dieser Mann hatte viel gesehen und gelernt, er war aber nicht der Mann, es zu verwerten — woraus man ihm allerdings ja kaum einen Vorwurf machen kann — er besaß aber die schätzenswerte Eigenschaft, nicht schlecht zu plaudern und die Reisenden auf der langen und schließlich auch langweiligen Überfahrt auf einem Segelschiffe angenehm zu unterhalten. Er führte einen bei Pixii gekauften Elektromagneten und eine galvanische Batterie bei sich, und nachdem wiederholt sein Gespräch auf den Elektromagnetismus gekommen, unterhielt er eines Tages die Gesellschaft mit Experimenten aus diesem Gebiete. Unter seinen Zuhörern war der neugebackene Professor Morse besonders eifrig und machte sich andauernd Notizen in seinem Taschenbuche, das er sorgfältig vor den Blicken der Anwesenden verbarg. Gegen Ende der Fahrt beschrieb dann Morse dem Kapitän Pell und dem amerikanischen Gesandten Rives in Paris eine von ihm während der Fahrt ausgearbeitete Erfindung, die er nach seiner Landung in Newyork sofort als „elektro-

magnetiſchen Telegraphen" zum Patent anmeldete. Dieſer elektromagnetiſche Telegraph iſt der natürlich im Laufe der Zeit außer-



Die Weltſtation Nauen

ordentlich verbeſſerte aber noch heute überwiegend im Gebrauch befindliche Morſetelegraph, der ſich die Welt erobert hat.

„Drahtlos“

So werden große Erfindungen gemacht!

Man ſieht, daß es gar nicht immer nötig iſt, den ganzen wiſſenſchaftlichen und techniſchen Stoff zu beherrſchen, daß man trotzdem, wenn man nur das Zeug dazu hat, große Taten vollbringen kann. Durch nichts mehr als einen Zufall entdeckten ſich die Cooke und Morſe als außerordentlich geſchickte Erfinder und Konſtrukteure. Mit dem Fortſchreiten der Wiſſenſchaft und Technik und ihrem immer mehr ſyſtematiſchen Ausbau dürfte es jedoch ſicher immer ſeltner vorkommen, daß derartige „Coups“ wie die genannten Erfindungen von Laien gemacht werden. Ihnen kam der Umſtand zu Hilfe, daß ſie in einen verhältnismäßig neuen Zweig der Wiſſenſchaft und jedenfalls ganz neuen der Technik hineinkamen. Auch Siemens erwähnt in ſeiner Selbſtbiographie, daß ihm dieſer Umſtand für ſein erfolgreiches Wirken von größtem Nutzen geworden ſei und ſpricht die Meinung aus, daß es ſpäter kaum jemanden ſo leicht fallen werde wie ihm, Schwierigkeiten zu überwinden, weil dann das Gebiet ſchon zu ausgebaut ſein werde, als daß ſich Laien auf ihm erfolgreich betätigen könnten.

Das ſieht jeder ein, und dennoch ſcheint man Unrecht zu haben. Nehmen wir z. B. den neueſten Zweig der Telegraphie, die Funkentelegraphie, ſo ſpielte auch hier wieder der Zufall ſeine Rolle. Marconi, dem wir die Anwendung komplizierter elektriſcher Erſcheinungen für praktiſche Zwecke verdanken, war weder Phyſiker noch Elektriker noch Techniker, ſondern Reiſender im Geſchäfte ſeines Vaters, der in Italien einige Weinberge beſaß. Und Marconi hat ſich als außerordentlich geſchickter Experimentator erwieſen. In wenigen Jahren iſt das große, fremde und ſchwierige Gebiet durch ihn und andre ausgebaut und der Praxis dienſtbar gemacht worden.

Dieſe Entwicklung iſt außerordentlich intereſſant. Was wäre wohl geworden, wenn die von vielen Gelehrten ſo verpönte Laienarbeit ausgeſchaltet worden wäre? Gewiß wären die Erfindungen einmal gemacht worden. Ob aber die Entwicklung mit ſo gewaltigen Sätzen vorwärts gekommen wäre, ſteht doch ſehr in Frage. Die allgemeine Lehre, die ſich nicht nur aus der Geſchichte der Telegraphie ergibt, iſt der an das Gelehrtentum nicht eindringlich genug zu richtende und wiederholende Rat, ſich nicht zu ängſtlich von der praktiſchen und der Laienwelt abzuſchließen. Der Fachmann muß für ſein Studium notwendigerweiſe ins einzelne gehen. Leider verliert er dabei nur allzu oft den Blick fürs Ganze. Erſt der Unbefangne, deſſen Blick nicht durch die Kleinarbeit und die verwirrenden Einzelheiten getrübt iſt, hat oft genug die Möglichkeit, aus der Ferne aus dem Schlingwerk der vieltauſendfachen Mannigfaltigkeit die großen Linien zu erkennen, die das ganze Gebäude an die andre Welt ketten und ſie mit ihr gemeinſam haben.

Telegraphie zum Mars

Phantasiereiche Schriftsteller haben uns gleich bei der Erfindung der drahtlosen Telegraphie schöne Bilder vorgegaukelt, wie wir nun endlich ein Mittel gefunden hätten, uns mit den Marsbewohnern zu verständigen. Denn Kabel können wir zum Mars oder irgend einem andern Himmelskörper nicht legen, wohl aber wären wir imstande, mit Hilfe der ungezügelten elektromagnetischen Wellen der drahtlosen Telegraphie, die überall hin frei in den Raum hinausstrahlen, die andern Himmelskörper zu erreichen. Ihre Fortpflanzung geschieht ja nicht auf dem Rücken der Luft, sondern der mysteriöse Weltäther ist der Träger, auf dem die elektrischen Wellen ebenso durch den Makrokosmus fluten wie sie das Atomgitterwerk der materiellen Körper durchzittern.

Leider sind wir noch nicht so weit. Ja, wir sind noch nicht einmal imstande, um die Erde herumzutelegraphieren, oder, was dasselbe ist, halb herum. Denn wenn wir wirklich bis zu unsern Gegenfüßlern reichen, dann langen wir auch ganz herum, weil es ja gleichgültig ist, ob die Wellen von uns aus über das arktische Gebiet zur Antipoden-Insel (südwestlich von Neuseeland) laufen oder ob sie über den Äquator gehen. Sie werden sogar beide Wege benutzen, ja nicht bloß beide, sondern alle, die von hier aus um die Erde herumführen und sich in Antipodien treffen. Da die elektromagnetischen Wellen nicht durch die Erde hindurchgehen, weil sie ein Leiter ist, der die elektrischen Kräfte abschirmen würde, so ist der ganze Raum über der Erdoberfläche von den Wellen durchströmt.

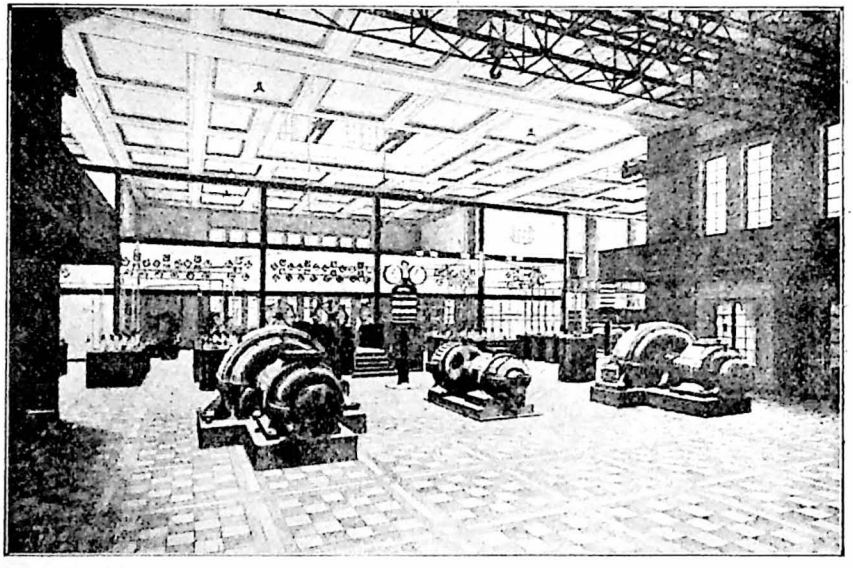
Wir erkennen schon, daß es uns eher gelingen wird, unsre Antipoden drahtlos zu erreichen, als Erdörter, die nicht ganz so weit entfernt sind wie sie, vielleicht nur auf drei Vierteilen des Weges liegen, wie etwa die Mitte von Australien.

Das erscheint widersinnig, weil doch wohl unter sonst gleichen Umständen mehr Energie dazu gehört, 20 000 km weit zu telegraphieren, als 15 000. Das trifft auch zu, aber die „sonst gleichen Umstände" sind eben auf der Erde nicht vorhanden. Der Gegenpol von uns hat nämlich den Vorzug, daß alle von hier ausgehenden elektromagnetischen Wellen — wenn auch stark geschwächt — sich dort wiedertreffen. Und da die etwa von Nauen ausgesandten Wellen nach allen Himmelsrichtungen hin ausstrahlen, so vereinigen sie sich dort zu gemeinschaftlicher Wirkung und sind daher auch viel leichter wahrnehmbar, als an einem selbst um tausende Kilometer näherliegenden Orte, wo sie sich nicht treffen, sondern wo immer nur eine Welle hingelangt.

Von Nauen aus konnten wir im Kriege bereits bis Sumatra telegraphieren — wir haben ja Holland im Verkehr mit seinen ostindischen Kolonien auf diese Weise von dem englischen Weltkabelnetz unabhängig gemacht. Auf der Antipodeninsel kann man seit Jahren bereits die Telegramme von Nauen aufnehmen. Zwischen Sumatra und Antipodien dagegen gelang ein Empfang Nauener Telegramme zuerst nur schwer und selten. Um daher sichre Verständigung mit allen Erdorten zu erreichen, mußten wir entweder noch feinere Empfangsvorrichtungen anwenden, als wir schon hatten, oder wir mußten die Sendestationen vervollkommnen. Beides ist geschehen und so ist das Ziel, um die Erde zu telegraphieren oder besser gesagt, jeden Erdort mit jedem andern in drahtlose Verbindung bringen zu können, erreicht, und die Elektriker könnten sich die weitergehende Aufgabe stellen, nach andern Planeten zu telegraphieren und die Verständigung zu suchen, die nach Meinung mancher „Kosmopoliten" die Bewohner andrer Welten schon lange mit uns anzuknüpfen versuchen. Und grade in diesem erhebenden Augenblick werden die schönsten Hoffnungen freundlicher Phantasten jählings zerstört durch einige Wissenschafter, die nichts besseres zu tun haben, als die Solidarität der Erdenmenschheit mit der von Bewohnern andrer Welten — noch ein Phantom verblendeter Träumer in politicis — durch wissenschaftliche Beweisführung zu leugnen, und den Chauvinismus sozusagen ins planetarische zu übertragen. Um deutlicher zu werden: In dem Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, dem wissenschaftlichen Sport- und Tummelplatz der „drahtlosen Theoretiker", erscheinen in neuester Zeit mehrere Veröffentlichungen hervorragender Kapazitäten dieses Wissenszweiges, die sich mit der Fortpflanzung der Wellen der drahtlosen Telegraphie befaßten. Und wenn man aus den Meinungsäußerungen Schlüsse ziehen darf, existiert eine Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen von der Erde durch den interstellaren Raum nicht. Anders ausgedrückt: Die Wellen der drahtlosen Telegraphie können nicht zur Erde hinaus!

Anders also als Jules Vernes Projektil, mit dem die Mitglieder des Gun-Klubs von der Erde aus in den Weltraum hinausgeschossen wurden, so daß sie den Mond als Satellit umkreisten, ergehts den Wellen, die die Funkenstationen in die Welt hinausstoßen. Aber sie teilen damit nur das Schicksal des Geschosses, das die stärkste Kanone, die je Menschen herstellen können, aus ihrem ehernen Mund hervorschleudern würde. Denn auch dieses würde nie in den Weltraum außerhalb des Luftkreises der Erde hinausgelangen können. Theoretisch würde ja ein Geschoß, das von der Erdoberfläche mit 11 bis 12 km Anfangsgeschwindigkeit in der Sekunde abgeschossen würde, die Anziehungssphäre des Erdballs durchbrechen und unwiederbringlich in den Weltraum hinausgeschleudert werden. Aber das bezieht sich nur auf eine Erde, die sich im Zustande des Mondes

befindet, d. h. die keine Atmosphäre mehr besitzt. Die Erde hat aber noch immer ihren Luftmantel, der zwar recht dünn zu sein scheint, in Wirklichkeit aber eine Elastizität und Widerstandsfähigkeit besitzt, wie sie ein der Schwere nach gleicher Stahlmantel nicht hätte, die er selbst dann nicht bekäme, wenn er die mehrfache Masse besäße. Gleich dem Meteor, das aus Himmelsfernen mit der ungeheuren Geschwindigkeit von vielleicht hundert Kilometern in der Sekunde in den Luftkreis eindringt und schon in den obersten dünnsten Atmosphärenschichten aufgehalten wird, wie ein Geschoß, das in Sand oder Daunen einschlägt, so würde erst recht das Projektil, das die Explosivkraft bisher ungeahnter Sprengmittel aus dem



Der große Maschinensaal der Großstation Nauen von der Saalgalerie aus betrachtet

Kanonenrohr mit solchen Geschwindigkeiten auszuschleudern vermöchte, durch den Widerstand der sich vor und um es ballenden Luftkissen in seinem Laufe so unweigerlich gehemmt werden, daß es nie und nimmer die lebendige Kraft besäße, dem Anziehungsbereiche der Erde zu entrinnen. Auf Deutsch heißt das nichts mehr und nichts weniger, als daß man zur Erde nicht hinausschießen kann, und daß Jules Vernes schöne Dichtung nichts andres als eine bezaubernde Phantasie ist, an der man sich nur so lange berauschen kann, wie man nicht die zweifelsfreien Ergebnisse der Wissenschaft in feste Zahlen preßt.

Während es sich aber bei den Geschossen um Dinge handelt, deren Erdenschwere nicht angezweifelt werden kann, unterliegen die elektromagnetischen Wellen solchen Fesseln der Anziehung nicht. Warum

ſollen alſo die leichtbeſchwingten Wandrer, denen die gleiche Schnelligkeit eignet wie den zarten Ätherwellen des kosmosdurchflutenden Lichts, nicht auch von Stern zu Stern dringen und Botſchaften fühlender Weſen durch den Raum tragen? Auch das verneint die neuſte Wiſſenſchaft. Hat ſie doch wahrſcheinlich gemacht, daß die Wellen innerhalb eines engen Spaltes verlaufen, der durch die Erdoberfläche nach innen und eine atmoſphäriſche Schicht nach außen begrenzt iſt. Nun: Die Erdoberfläche als Begrenzung erſcheint erklärlich, anders dagegen, inwiefern die luftige Atmoſphäre die noch luftigeren elektromagnetiſchen Wellen zu beſchränken vermag. Wir ſind doch von ihnen allerlei gewöhnt! Man braucht ja bloß an die Fähigkeit der Röntgenſtrahlen zu denken, völlig undurchſichtige und undurchdringliche Stoffe zu durchſetzen. Da ſollten die großen kilometerlangen Wellenzüge, die die Antennen ausſtrahlen, nicht den Ätherraum des Weltalls gewinnen können? Selbſt wenn man die Mächtigkeit der Erdatmoſphäre nach den neueſten Forſchungen zu 500 bis 800 km annimmt, bedeuten dieſe Schichten doch nur einen Katzenſprung für die drahtloſe Telegraphie, von der wir vorhin erſt zu alledem hörten, daß ſie irdiſche Entfernungen von mehr als 20000 km überwindet. Und dennoch ſcheints, daß bei der Übertragung der Wellen die Atmoſphäre eine gewichtige Rolle ſpielt. Denn aus den theoretiſchen Arbeiten und den experimentellen Nachprüfungen geht ſchon jetzt mit ziemlicher Sicherheit hervor, daß die Wellen an die Erde gebunden ſind. Wie man ſich das vorſtellt, das zu erörtern ſoll unſere letzte Aufgabe ſein.

Heaviſide meint, daß in größerer Höhe in der Atmoſphäre eine Luftſchicht liegt, die ſtarke elektriſche Ladung hat. Alle luftelektriſchen Stationen haben feſtgeſtellt, daß von der Erde aus ſtändig ein verhältnismäßig ſtarker poſitiv-elektriſcher Strom nach oben fließt, deſſen Ladung irgendwo bleiben muß. Aber auch von der Sonne wird durch die in die Erdatmoſphäre eindringenden ultravioletten Strahlen eine ſtändige Aufladung der oberſten Luftſchichten bewirkt. Das iſt nun einmal die Eigenſchaft ultravioletter Strahlen. Und zu unſerm Glück hält ſie die Luft hoch oben feſt. Denn unſre Augen, namentlich die zarten Schleimhäute, ſind gegen ſie äußerſt empfindlich. Dieſe Ladungen bilden die nach ihrem theoretiſchen Entdecker ſogenannte Heaviſide-Schicht, die unſichtbar unſern ganzen Planeten umgibt und für die anſtürmenden Kräfte der elektromagnetiſchen Wellen eine Begrenzung darſtellt, die ſie wie ein kugelförmiger Hohlſpiegel zurückwirft. Die Erdoberfläche bildet alſo die innere, die Heaviſide-Schicht die äußere Begrenzung des Raumes, in dem die Wellen der drahtloſen Telegraphie verlaufen können. Außerhalb dieſes Schlitzes ſind ſie unmöglich, gleichwie das Licht einer Lampe den Ausgang aus einem Raum nicht gewinnen kann, der allſeitig von ſpiegelnden Wänden umſchloſſen iſt.

Der schöne Traum, die Bewohner anderer Welten mit der drahtlosen Telegraphie zu erreichen, fällt also in ein Nichts zusammen. Die Erdatmosphäre ist sein grausamer Mörder. Sie erlaubt uns weder in das Universum hinauszutelegraphieren noch hinauszuschießen. Sie läßt wohl Geschosse zu uns herein, aber nicht hinaus.

Das ist doch wohl eine recht bedauerliche Einrichtung! So möchten viele auf den ersten Anblick denken. Doch wer gelernt hat, die Dinge mit Forscherblick zu betrachten, weiß, daß sich für das Bestehen des Lebens auf der Erde eine Atmosphäre nach allen Richtungen hin segensreich erweisen muß. Sie besteht viel zu lange, als daß ein Widerstreit zwischen ihr und der organischen Welt nicht schon lange zu Ungunsten des einen Teils hätte ausgetragen sein müssen. Oder das schwächere hätte sich dem stärkeren bereits so stark angepaßt, daß dieser Widerstreit unmöglich ist. Tatsächlich erweist sich denn auch eine ganz ähnliche Eigenschaft unsers irdischen Luftmantels, wie wir sie soeben als schädlich beklagen wollten, als höchst segensreich, nämlich ihre Treibhauseigenschaft. Die von der Sonne her einstrahlende Lebenswärme wird wohl hereingelassen, aber hinaus läßt unsre Lufthülle nur wenig — wie ein Treibhaus. Und es wäre schlimm für uns, wenn's anders wäre; wir würden erfrieren und verhungern! — Dagegen dürften wir wohl den kleinen Nachteil in Kauf nehmen, der uns ersteht, wenn wir uns mit andern Bewohnern im Kosmos nicht verständigen können. Und ist's denn überhaupt ein Nachteil?

Wir wissen ja gar nicht, ob und wie eine solche Verständigung möglich ist. Und wenn wir sie dermaleinst brauchen, dann wird, deß sind wir unsrer Vergangenheit nach sicher, der menschliche Geist Mittel und Wege finden, sie zustande zu bringen. Denn es gibt ja wohl glücklicherweise viele Dinge zwischen Himmel und Erde, die sich unsre Weisheit bisher noch nicht hat träumen lassen.

Das elektrische Feld der Atmosphäre

Was aber wissen wir über die elektrischen Zustände in der Erdatmosphäre, die obigem zugrunde liegen?

Es ist jedenfalls bekannt, daß die Erde stets von einem elektrischen Felde umgeben ist, das mit der Höhe an Stärke abnimmt. Für die Schichten der Atmosphäre bis zu einigen hundert Metern Höhe weist das mittlere Gefälle von 100 Volt pro Meter eine mittlere Abnahme von 1 Volt auf 10 m auf. Das entspricht einer räumlichen Dichte von $2{,}7 \cdot 10^{-9}$ elektrostatischen Einheiten. Nun hat man aus der durchschnittlichen Dichte der Ladung der die Erdoberfläche anlagernden Luftschichten die Gesamtladung der Erdoberfläche berechnet und sie zu 10^{15} elektrostatischen Einheiten oder 300 000 Coulombs gefunden, die wir uns allerdings nicht gleichmäßig über die Erde verteilt zu denken haben.

Vergleicht man beide Werte, so erkennt man, daß unter der Annahme gleichmäßiger räumlicher Ladungsdichte schon die ersten tausend Meter der Atmosphäre genügen würden, um das Feld der Erdladung zu kompensieren. Doch besteht nach den Ballonbeobachtungen eine Raumdichte von der erwähnten Größe nur in den untern Schichten der Atmosphäre, während sie in größeren Höhen weit geringere Werte aufweist. So hat denn auch das Spannungsgefälle selbst in 6000 m Höhe einen zwar niedrigen, aber immer noch von Null verschiedenen positiven Wert.

Das Studium des elektrischen Feldes der Erde hat jedenfalls die Existenz einer negativen Erdladung und einer positiven Luftladung ergeben. Die Luftladung drängt sich vornehmlich auf die untern Schichten zusammen und reicht in ihrer Gesamtheit vermutlich eben hin, um in den hohen Schichten der Atmosphäre das von der Erdladung erzeugte Feld zu kompensieren. Dann sind also Erd- und Luftladung entgegengesetzt gleich groß; alle von der Erdladung ausgehenden Kraftlinien enden in der Atmosphäre und die Erde erscheint, als Weltkörper aufgefaßt, elektrisch neutral. Lord Kelvin hat eine ähnliche, freilich noch nicht durch die Erfahrung gestützte Ansicht schon vor langem ausgesprochen. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß wir über die elektrischen Zustände der obersten Atmosphärenschichten gar nichts wissen, weil sie uns bis jetzt unzugänglich gewesen sind.

Woher diese Ladungen der Atmosphäre stammen, ist noch nicht sicher festgestellt.

Werte einiger Wellenlängen

(in Luft)

	Frequenz	Wellenlänge
Technischer Wechselstrom	50	6000 km
Fernsprechströme	800	375 km
Drahtlose Telegraphie, von	10^5	3000 m
bis	10^6	300 m
Hertzsche Wellen, 1888	$5 \cdot 10^8$	60 cm
Schnellste elektrische Schwingungen (Lebedew, 1895)	$5 \cdot 10^{10}$	6 mm
Längste Wärmestrahlen:		
Quarzquecksilberlampe		im Mittel
(Rubens u. v. Baeyer, 1911)	etwa 10^{12}	0,313 mm
Auerstrumpf (Rubens u. Hollnagel, 1910)	$3 \cdot 10^{12}$	0,1 mm?
Rotes Licht	$4{,}5 \cdot 10^{14}$	0,00067 mm
Violettes Licht	$8 \cdot 10^{14}$	0,00038 mm
Kürzeste ultraviolette Strahlen (Schumann, 1893)	$3 \cdot 10^{15}$	0,00010 mm

Die Etappen der drahtlosen Technik

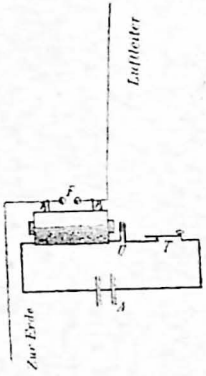
„Man legt einem Kinde die besten Wünsche in die Wiege; man freut sich, wenn es sich denselben entsprechend entwickelt — wer aber vermag nach fünf Jahren schon mit Sicherheit zu sagen, wie es als Mann sich bewähren wird? Es wird sich auswachsen und etwas leisten, wenn es auch keinen Herkules gibt."

Professor Braun 1901

Wenn in diesem Bande über die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der Elektrizität der drahtlosen Telegraphie ein so breiter Platz eingeräumt ist, so hat das natürlich darin seinen Grund, daß dieser stolzeste und jüngste Zweig der Elektrotechnik wohl die Palme in dem allgemeinen Wettlauf um die größte Schnelligkeit der Entwicklung davongetragen hat. Dieses Lob wird man ihm zweifellos und neidlos zugestehen müssen. Denn vor 25 Jahren wurde dieses Gebiet erst grade geboren. Seine Entwicklung ging in den ersten Jahren langsam vorwärts, schob sie sich doch in ein Gebiet vor, das eine neue Komplizierung der eben erst in Angriff genommnen Wechselströme mit sich brachte. Beim Gleichstrom kennt man nur den Ohmschen Widerstand. Strom und Spannung stehen zueinander in einfacher und jederzeit leicht übersehbarer Beziehung. Die Wechselströme aber bedingen in diesen Beziehungen eine wesentliche Komplizierung, weil die Selbstinduktion mit ihren wechselvollem Charakter dazu tritt. Man weiß also vorher von den Strom- und Spannungsverhältnissen nie, wie sie sich in jedem Augenblick zueinander verhalten. Damit nicht genug führte die drahtlose Telegraphie noch die Kapazität ein, so daß bei der Bestimmung der Strom- und Spannungsverhältnisse drei Größen miteinander in Beziehung treten.

Aber all das hat die Technik spielend und schnell überwunden und wir stehen jetzt vor einer Technik, die mehrere Spezialstudien für sich bildet. Es ist deshalb angebracht, einen kleinen Überblick über die Entwicklung zu geben, bevor wir uns mit besonders hervorragenden Erfindungen, Entdeckungen und Konstruktionen aus der drahtlosen Telegraphie beschäftigen.

Die drahtlose Telegraphie hat in den 25 Jahren ihres Bestehens schon eine Reihe Entwicklungsepochen durchlaufen. Sie begann nach den ersten Versuchen Marconis mit der sogenannten Knallfunkenstrecke in der einfachen Antenne, bei der eine unregelmäßige und verhältnismäßig kleine Anzahl Funkenentladungen in jeder Sekunde stattfand. Am Empfänger wurde zur Aufnahme der in Morsezeichen unterbrochnen Wellen der Fritter oder Kohärer verwendet, mit dem eine Niederschrift auf Papierstreifen erfolgte, wie dies in der Linientelegraphie auch heute noch geschieht.



Der einfache Marconi-Sender, die erste Form eines Apparats für Funkentelegraphie

Infolge der Unzuverlässigkeit und Unempfindlichkeit des Wellenanzeigers verließ man den Fritter, um auf Hörempfang überzugehen, bei dem ein unvollkommner Kontakt als Detektor Verwendung fand. Das war scheinbar ein Rückschritt, der die Einführung des Hörempfangs in Heer und Marine erschwerte. Da hierdurch jedoch die Reichweite, die damals noch recht bescheiden war, vergrößert wurde, konnte die Funkentelegraphie auf eine breitre Basis gestellt werden. In noch höherem Maße trug dazu aber die Einführung des Braunschen Schwingungskreises bei; denn dadurch wurde es möglich, der Antenne mehr Energie zuzuführen. Allerdings trat jedoch eine Zweiwelligkeit auf, die für die Abstimmung sehr unangenehm ist. Zudem waren die Pausen zwischen den einzelnen Funkenimpulsen infolge der langsamen Arbeitsweise der Funkenstrecke und des Hammerinduktors sehr groß, so daß die Energieausnutzung demzufolge unzulänglich ist.

Das technische Bestreben mußte daher darauf gerichtet sein, diese Pausen möglichst zu verringern, d. h. die Funkenfolge möglichst zu steigern. In idealer Weise wäre das durch die Verwendung kontinuierlicher Schwingungen erreichbar. Als daher der Däne Poulsen

Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Adolf Slaby, ein Pionier der Funkentelegraphie

seinen Lichtbogensender erfand, erwartete man davon eine gewaltige Umwälzung der drahtlosen Telegraphie. Denn dieses System beseitigte tatsächlich auch die letzten Pausen zwischen den Funkenimpulsen. Aber es gelang damals nicht, Frequenz und Amplitude absolut gleichmäßig zu machen und die Verwendung der Apparatur war dadurch sehr erschwert, daß man die Bedienung der Bogenlampe überhaupt nur gut geschulten Kräften überlassen konnte. Für den Empfänger bedeutete dieses System sogar einen Rückschritt, indem von der Aufnahme musikalischer Töne abgegangen werden mußte,

Dr. h. c. Georg Graf von Arco,
ein Pionier der Funkentelegraphie und erfolgreicher Erfinder der drahtlosen Telegraphie in allen ihren Phasen

denn zur Aufnahme ungedämpfter Wellen ist ein Gleichrichter, wie ihn der Kontaktdetektor darstellt, unbrauchbar. Er wurde durch den Ticker oder Schleifer ersetzt. Da dieser jedoch nur einen Geräuschempfang ermöglichte, hob er sich von den atmosphärischen Störungen in keiner Hinsicht ab. Zwar brachte das Poulsensystem zum ersten Male die Möglichkeit der Anwendung der drahtlosen Telephonie, wie sie Telefunken zwischen Berlin und Nauen bereits im Jahre 1907 zuerst verwendete, aber trotzdem gelang es dem Lichtbogensystem nicht, sich selbst gegenüber dem verbesserten gedämpften System zu behaupten.

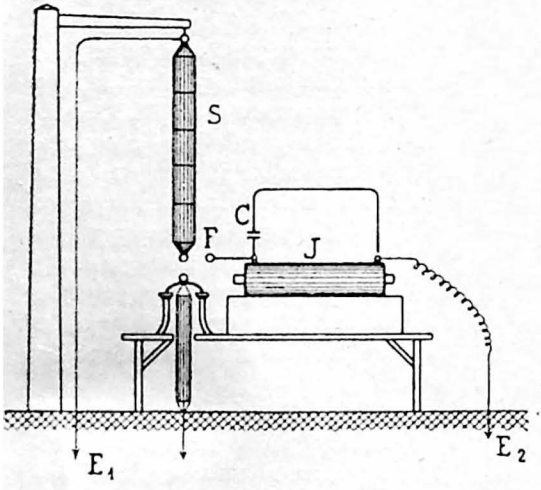
Die Verringerung der Funkenfolge wurde aber noch auf andre Weise erreicht, nämlich durch die Entdeckung des Löschfunkens, die gleichzeitig die Mängel der Zweiwelligkeit des Braun'schen Systems vermied und infolge der Regelmäßigkeit der Funkenentladungen am Empfänger die Aufnahme reiner musikalischer Töne erlaubte. Das geschah unter Zuhilfenahme eines Kontaktdetektors, wie er aus der Schlömilchzelle hervorgegangen war. Der Wirkungskreis der Anlage stieg beim Löschfunkensystem auf etwa 50 Prozent. Der dämpfende Einfluß des geschlossnen Schwingungskreises auf die Wellen in der Antenne fiel dabei fort, so daß auch die Abstimmschärfe eine wesentlich vollkommnere wurde. Ein besondrer Vorteil dieses Systems war, daß der reine musikalische Ton durch die atmosphärischen Störungen stets leicht hindurchzuhören war und die Aufnahme in hohem Maße sicherstellte.

Für Großstationen gelang es, in der Durchbildung der Hochfrequenzmaschine einen mehr als vollwertigen Ersatz für den Lichtbogensender zu schaffen, der zwar die Erzeugung fast unbegrenzter Mengen hochfrequenter Energie, aber die Verwendung nur weniger fester Wellen gestattete, also nur für ein begrenztes Anwendungsgebiet in Frage kommt. Dieses System gelang es auch aus dem Grunde lebensfähig zu erhalten, weil eine neue Erfindung den Empfang dieser ungedämpften Schwingungen in Tonharakter ermöglichte, nämlich das aus den Verstärkereinrichtungen hervorgegangene System der Überlagrung. Es besteht darin, daß eine Kathodenröhre eine ungedämpfte Hilfsschwingung am Empfänger erzeugt, die sich der Empfangswelle überlagert, mit ihr zur Interferenz kommt und Wellen erzeugt, deren Frequenz in den Bereich der hörbaren Töne gelegt werden kann. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, sogar jeden beliebigen Ton am Empfänger einzustellen. Außerdem werden solche Schwingungen mit Kontaktdetektor ausgestatteten Empfängern unhörbar gemacht.

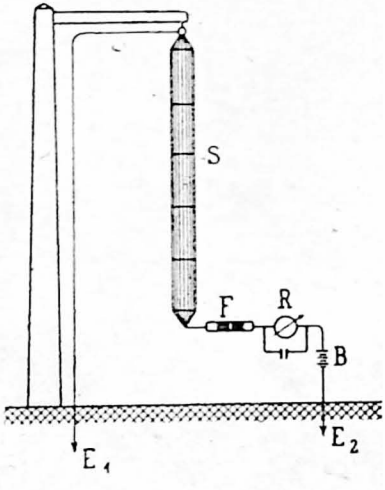
Eine ganz neue, bis dahin ungeahnte Möglichkeit, in der drahtlosen Telegraphie ungedämpfte Wellen zu verwenden, bietet sich durch die Einführung der sogenannten masselosen Relais. Dieser Weg hat sich als der breiteste und gangbarste herausgestellt und wurde zuerst durch die Anwendung der Liebenröhre betreten. Was der Lichtbogensender nicht gehalten hat, und was auch der Hochfrequenzmaschine infolge der Unregelmäßigkeit der Tourenzahlen des Motors nicht vollkommen erreichbar ist: die Erzeugung einer Frequenz und Amplitude von mathematischer Gleichförmigkeit, leistet der Kathodenröhrensender ohne weiteres. Man gelangt dadurch zu einer bisher ungeahnten Abstimmschärfe, die es ermöglicht, mit so nahe beieinander liegenden Wellen zu arbeiten, daß unter Verwendung dazu passender Empfänger eine sehr viel größre Organisation funkentelegraphischer Anlagen gleichzeitig und störungsfrei arbeiten kann als bisher. Auch

in der Möglichkeit der Erzeugung beliebig kleiner Wellen und schnellen Wellenwechsels erreicht der Kathodenröhrensender den alten Funkensender in jeder Hinsicht. Die beste Ausnutzung der ungedämpften Sendeenergie wird durch die Möglichkeit der Akkumulierung der Schwingungen am Empfänger sowie durch Überlagrungsempfang erzielt, wobei die Anwendung von Verstärkern auf der Empfangsseite die Lautstärke auf das Vieltausendfache bringt. Dieser neue Weg ist technisch wie organisatorisch gleich bedeutungsvoll.

Die Durchbildung der Sender und Empfänger mit den Kathodenstrahlröhren erfolgte Hand in Hand. Für den Empfänger kam an Stelle des frühern Kontaktdetektors insbesondre die sogenannte Audion-Rückkopplungsschaltung zur Anwendung. Die Anpassung der Empfän-



Schleifen-Antennen-Sender nach Slaby-Arco von 1898



Schleifen-Antennen-Empfänger nach Slaby-Arco von 1898

ger an die technische Vollkommenheit der Sender und ihre Vereinheitlichung gelang in fast idealer Weise. Hierdurch wurden auch die Empfänger zu ungedämpften Geräten, in denen der Energieverlust der Schwingungsstromkreise durch die Energienachlieferung der Audione ausgeglichen wird.

Der Vorteil dieser modernsten Geräte für Sender und Empfänger zeigte sich so ganz besonders während der letzten Phase des Weltkrieges, in dem es gelang, die an der Front eingesetzten, gleichzeitig und unabhängig voneinander arbeitenden Stationen auf ein Vielfaches der früheren zu bringen. Der Krieg der Massen fand so auch hier Verwirklichung.

Selbstverständlich hat jeder der verschiednen Sender seine Vorzüge und seine Nachteile, so daß es auf den ersten Blick schwierig

erſcheinen möchte, die richtige Wahl zu treffen. Die Aufgabe wird jedoch dadurch erleichtert, daß man ja immer eine beſtimmte Aufgabe bei höchſter Ökonomie zu löſen hat.

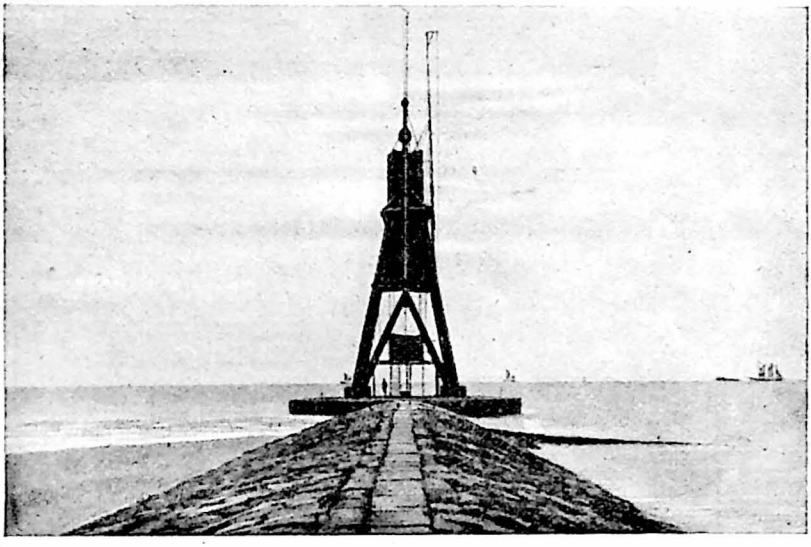
Für Großſtationen, die nicht militäriſchen Zwecken dienen, ſondern ſich durch die Telegrammeinnahmen rentieren ſollen, iſt dasjenige Verfahren anzuwenden, das bei geringſtem Stromverbrauch die geringſten Betriebsſtörungen und daher die größtmögliche Ausnutzung für Schnelltelegraphie ermöglicht. Dies iſt ohne jeden Zweifel bisher die Maſchine. Alſo wird die Maſchine überall dort, wo es auf Schnelltelegraphie bei täglich über lange Zeiträume fortlaufenden Betrieb ankommt und wo die Wellenlängen groß ſind, (größer als 3 bis 4 km), die zweckmäßigſte Erzeugungsmethode ſein, d. h. für alle kommerziellen Zwecke bei Entfernungen von 3000 und mehr Kilometern. Die Bogenlampe wird die Maſchine dann erſetzen, wenn geringre Fordrungen an die Telegraphierleiſtungen geſtellt werden, ſo daß häufige kurze Unterbrechungen, vorübergehende Wellenſchwankungen und dgl. für die Rentabilität nicht ins Gewicht fallen.

Prof. Dr. Ferdinand Braun, ein Pionier der drahtloſen Telegraphie

Für den Nachrichtenaustauſch bei kleinen und mittleren Entfernungen, insbeſondre mittels Telephonie, beherrſcht heute ſchon die Röhre faſt ausſchließlich das Feld. Aber auch für größre Entfernungen von einigen hundert bis zu 2 und 3000 km erweiſt ſich bei Telegraphie heute ſchon die Röhre wegen ihres ſtörungsfreien Arbeitens und wegen der weitgehenden Ausnutzung ihrer ganz konſtanten Strahlung durch die modernen Empfänger als den andern Methoden überlegen. Es iſt eine Frage der Zeit, wie lange vorerſt noch der der Bogenlampe verbleibende Bereich zwiſchen Maſchine und Röhre der Bogenlampe reſerviert bleiben wird. Nach den Erfahrungen mit den erſten größern Röhrenſendern, wie wir ſie bei dem Prager Röhrenſender weiterhin ſchildern, ſcheint dieſe Spanne allerdings nur noch eine Galgenfriſt zu ſein. Denn es gibt ſchlechterdings keinen Lichtbogen, der bisher das zu leiſten vermag, was die Kathodenröhre leiſtet. Und damit ſcheint mir für das zuerſt ſo aus-

sichtsvoll erschienene Lichtbogensystem das Todesurteil schon gesprochen. Aber auch für die andern Sender scheint die längste Zeit vorbei zu sein, soweit es sich um gedämpfte handelt. Man wird sie aufbrauchen, so lange sie noch funktionieren. Aber neue anzuschaffen scheint jetzt bereits ein Wagnis. Auch sie werden dem Röhrensender verfallen, der neben den großen Maschinensendern wahrscheinlich ganz allein das Feld beherrschen wird.

Gedenken wir aber zum Schluß noch der Worte, mit denen Professor Ayrton die junge neue Technik enthusiastisch begrüßte und fragen wir, was daraus geworden ist. Waren sie zu überschwenglich, wenn er sagte:



Senderanlage nach Braun auf der Kugelbake bei Cuxhaven von 1899

„Einst wird kommen der Tag, wenn wir alle vergangen sind, wenn Kupferdrähte, Guttaperchahüllen und Eisenband nur noch im Museum ruhen, dann wird das Menschenkind, das mit dem Freunde zu sprechen wünscht und nicht weiß, wo er sich befindet, mit elektrischer Stimme rufen, die allein nur jener hört, der das gleichgestimmte elektrische Ohr besitzt. Er wird rufen: Wo bist Du? Und die Antwort wird klingen in sein Ohr: Ich bin in der Tiefe des Bergwerks, auf dem Gipfel der Anden oder auf dem weiten Ozean. Oder vielleicht wird keine Stimme antworten, und er weiß dann, sein Freund ist tot."

Nun, vom weiten Ozean oder vom Gipfel der Anden können wir schon antworten, von der Tiefe des Bergwerks noch nicht. Und

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Wien, dessen Name mit dem System der tönenden Löschfunken verknüpft ist

wenn auch alles noch nicht so glatt geht, wie in dieser Phantasie, so erkennt man doch, die Wirklichkeit nähert sich der Phantasie. Und das alles in 25 Jahren. Was können wir da noch für die nächsten Jahrhunderte erwarten? Vielleicht wird dermaleinst kommen der Tag, da Ayrtons Phantasie das mitleidige Lächeln der Zeitgenossen erregen wird, daß er nicht imstande war, etwas zu ersinnen, was wirklich Phantasie bleiben wird, sondern durch die rasenden Entwicklungsschritte der Technik überholt ist.

Die Telefunken-Zeitung, das Organ der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, der wir so viele interessante Mitteilungen über den Fortschritt der drahtlosen Technik verdanken, bringt in ihrer Jubiläumsnummer 25 ein

Schema der Radio-Systeme

I. Sender

A. Für gedämpfte Schwingungen, Telegraphie (Ton bei Detektor-Empfang)

a) Funkensender

1. Langsame Funken (ca. 10—20/sec) Historisch — Knatterton
2. Schnelle Funken (ca. 100/sec) Historisch — Knarrton
3. Rotierende Funken (ca. 300/sec) Syst. Marconi — Trompetenton
4. Tönende Löschfunken (ca. 1000/sec) System Telefunken — Musikalischer Ton

B. Für ungedämpfte Schwingungen, Telegraphie und Telephonie. (Ton nur durch Wechselstrom-Überlagrung am Sender oder Überlagrungsempfang)

a) Lichtbogensender

System Poulsen. Für Stationen mittlerer und großer Reichweite

b) Maschinensender

Für Stationen größter Reichweite. Feste Wellen

1. System Alexanderson, mit direkter Erregung der hohen Frequenz
2. System Goldschmidt, mit Frequenzvervielfachung innerhalb der Maschine
3. System Telefunken (Graf Arco), mit Frequenzvervielfachung außerhalb der Maschine

c) Röhrensender

Beste Konstanz von Frequenz und Amplitude. Für Stationen kleiner und mittlerer Reichweite. Schneller Wellenwechsel

II. Empfänger

A. Hörempfang. Für Stationen mit Wortleistung bis 150 Buchstaben/Min

a) Für Telegraphie mit gedämpften Wellen und Telephonie

1. Elektrolytische Zelle von Schlömilch (Historisch)
2. Magnet-Detektor von Marconi (Historisch)
3. Kristall-Detektor nach Braun (noch gebräuchlich)
4. Audion nach de Forest (modern), zugleich Verstärkerwirkung. Hierzu noch Niederfrequenz-Verstärkung anwendbar

b) Für Telegraphie mit ungedämpften Wellen

1. Schleifer oder Tikker, für Geräuschempfang (veraltet)
2. Kristall-Detektor, unter Mitbenutzung eines Überlagrers zum Tonempfang (veraltet)
3. Audion, unter Mitbenutzung eines Überlagrers zum Tonempfang (veraltet)
4. Audion mit Rückkopplung oder Überlagrer zum Tonempfang (modern)

B. Schreibempfang. Für Stationen mit mehr als 150 Buchstaben/Min

a) Für gedämpfte Wellen (bedeutungslos)

1. Fritter mit Relais und Morseschreiber (Historisch)
2. Lichtschreiber
3. Phonograph (auch für Telephonie geeignet)

b) Für ungedämpfte Wellen (modern)

1. Lichtschreiber
2. Ondulator.
3. Phonograph*) . . . . . bis 600 Buchst./Min
4. Morseschreiber*) . . . . . „ 600 „ „
5. Typendrucker (Siemens & Halske)*) . „ 1200 „ „

*) Audion mit Rückkopplung, oder Hochfrequenz-, Zwischenfrequenz- und Niederfrequenzverstärker

Die Großstationen der drahtlosen Telegraphie

Die drahtlose Großstation als Kulturerscheinung

Unter den großen Anlagen des Weltverkehrs nehmen die Großstationen für die drahtlose Telegraphie einen immer wichtigern Platz ein. Beherrschte vor dem Kriege das weltumspannende Kabelnetz den Erdball, waren die internationalen Schnellverbindungen allein von den Kupferadern der riesigen das Weltmeer durchnervenden Eisen- und Bleikabel abhängig, so sichern jetzt in ganz andrer Weise, auf dem Wege über das Luft und Erde durchdringende Äthermeer die großen Funkstationen die Völkerverbindung. Sie werden mit ihrer immer größern Ausbreitung die Völker verbinden und damit ganz außerordentlich an dem Wiederaufbau der zerstörten Welt, ihrer Kultur und der Beziehungen der Völker zueinander beitragen. Sie sind die neuen Symbole für die zusammengehörende Menschheit, und die Technik stellt sich wieder einmal in hervorragendster Weise in den Kulturdienst.

Aber umgekehrt sind rein technisch die Großstationen Symbole für den Kulturfortschritt. Denn in ihnen verkörpert sich eine Summe menschlichen Wissens und Könnens, wie sie gleich konzentriert wo anders nicht leicht angetroffen wird. Die drahtlose Telegraphie ist derjenige Zweig der Elektrotechnik, der in seinen Anforderungen am weitesten im Vordertreffen steht. Alle Mittel der Hilfswissenschaften werden in ihrer höchsten Ausbildung gebraucht und herangezogen, um in den Dienst der drahtlosen Technik gestellt zu werden. Die Mathematik in ihrer höchsten Vollendung muß für die Verfolgung der zugrunde liegenden physikalischen Schwingungserscheinungen herhalten, die Physik in ihren neusten Erkenntnissen, die Technik in ihrer weitesten Vollendung, da die erforderten Maschinen ganz neue und bisher kaum für ausführbar gehaltne Anfordrungen stellen. Aber auch die Verkehrswissenschaft, die kaufmännische Ausbildung der neuen Geschäftszweige und schließlich die organisatorische Durchdringung des Ganzen stellen völlig neuartige Bedingungen.

Wenn wir daher die neuen großen Stationen des Weltverkehrs beschreiben, lernen wir damit die modernsten Gebilde der Kulturerrungenschaften, ungeheuer komplizierte Schöpfungen des menschlichen Unternehmungsgeistes kennen.

In den letzten Jahren seit dem Friedensschluß ist eine ganze Reihe solcher Riesenstationen aus dem Erdboden gewachsen. Es erfüllt uns mit Stolz, daß die bewundernswertesten und meisten dieser Stationen grade von der deutschen drahtlosen Technik errichtet worden

sind. Deutschland marschiert eben mit Amerika auf diesem Gebiete unbestritten an der Spitze.

Aber die Mutter aller dieser erdumfassenden Stationen ist die Großstation Nauen. Sie soll also zuerst und ausführlich beschrieben werden, weil sich das meiste bei den andern Stationen wiederholt, und nur wenige Stationen Eigenheiten aufweisen, die wir in Nauen nicht finden.

Die Großstation Nauen

Die Entstehung der Station

Die Geschichte der Station Nauen ist zugleich die Geschichte der drahtlosen Telegraphie. Denn alle Systeme, die die Welt beherrscht haben, sind in Nauen ausprobiert und angewendet worden. Und da diese Systeme durchweg bisher in Deutschland ihre vornehmste Geburtsstätte hatten, so steht die Station Nauen in ihrer Art einzig in der Welt da. Zwar hat es fast ein Jahrzehnt nach Erfindung der Funkentelegraphie gedauert, bis diese Station überhaupt ins Leben gerufen wurde, aber man muß immerhin bedenken, daß in den ersten Jahren kein Bedürfnis nach einer Station solcher Dimensionen bestanden hat. Den Bemühungen des Grafen von Arco ist es zu danken, daß die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. (Telefunken) diese Station für Studienzwecke trotz ihrer großen Kosten errichtete und alle Errungenschaften des Laboratoriums der Gesellschaft dort auf ihre Brauchbarkeit für den Fernbetrieb ausprobieren konnte.

Es war bedauerlich, daß die Behörden völlig versagten. Und dennoch hätten sie leicht eine wesentliche Unterstützung leisten können, wenn sie nur den Boden, der ja für eine solche Station ziemlich umfangreich sein muß, aus fiskalischem Gelände zur Verfügung gestellt hätten. Denn die Frage des Platzes war wegen der durch die Bodenspekulation in der Nähe Berlins ungeheuerlichen Preise für das ganze Unternehmen von ausschlaggebender Bedeutung. Die Gesellschaft war dabei sogar auf das Entgegenkommen Privater angewiesen und nahm das Angebot des Fideikommißbesitzers Stoltze auf Neukammer an, das im havelländischen Luch etwa 5 km von der Bahnstation Nauen an der Strecke Berlin—Wittenberge—Hamburg gelegene Wiesengelände gegen geringe Pacht für den Anbau der Station zu benutzen. Man brauchte damals 30 bis 40 000 qm, während heute das Gebiet der Antennen über 3 Millionen umfaßt. Die Station selbst nimmt natürlich den geringsten Raum in Anspruch, die Antenne, der Strahler, dagegen fast alles. Sie wurde in Form einer Schirmantenne hergerichtet, die auf einem 100 m hohen Mast ruhte. Dieser Mast war ein Kunstwerk. Es bestand aus einem Eisengitter-

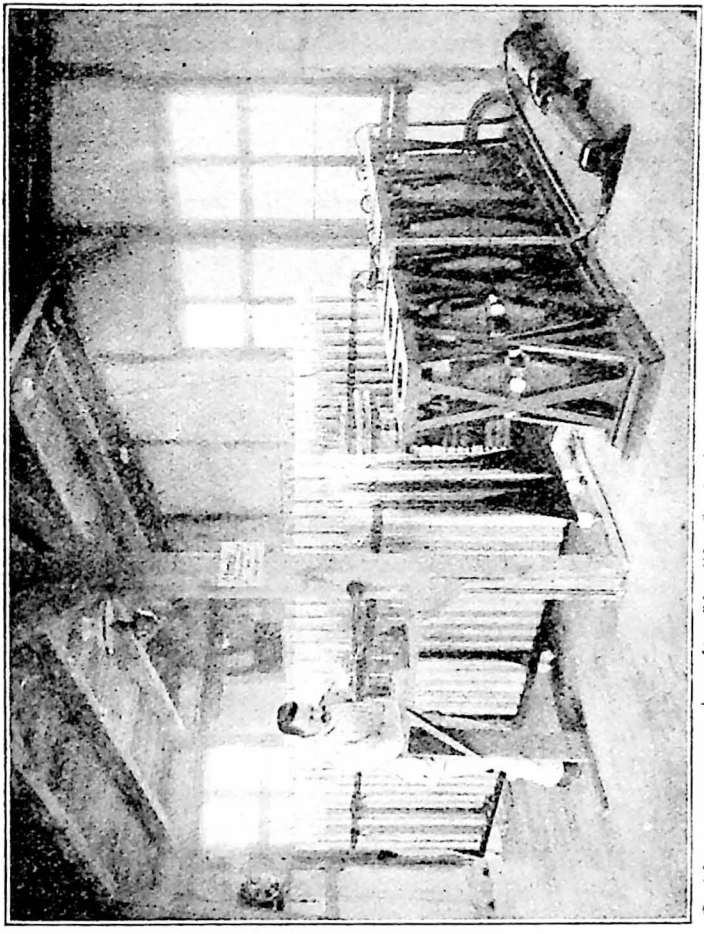
werk, das unten in einer dreieckigen Spitze endete und auf einem Marmorblock ſtand, da der Turm von Erde iſoliert ſein mußte. Der Marmorblock trug eine Grundplatte, auf die eine Halbkugel in Form eines ſchweren Gußſtücks aufgeſetzt war. Über dieſe war eine Lagerſchale geſchoben, auf der der ganze 76 000 kg ſchwere Turm ruhte. Die Baſis des Turms war ein Dreieck von je 4 m Seitenlänge. Die Seitenſtreben waren von 8 zu 8 m verſchraubt, durch Diagonalverbände verſteift und liefen bis zur Spitze des Turms parallel. Gegen Umfallen war der Turm durch drei eiſerne Halteſtangen, die in Backſteinklötzen verankert waren, geſichert. Auch dieſe Stangen mußten wegen der hohen Spannungen ſowohl vom Turm wie von der Erde iſoliert ſein. Das Schirmnetz ruhte auf drei Rollenpaaren, die auf der Spitze des Turms angebracht waren. Je zwei Segmente balanzierten ſich über einem ſolchen Rollenpaar aus. So gelang es, den Turm nur auf Druck zu beanſpruchen, und das war bei ſeiner eigenartigen Konſtruktion Bedingung. An den Seiten führten 54 Drähte vom Netz herunter und wurden 6 m über dem Erdboden in das Stationshaus zu dem Sende- und Empfangsſchalter geleitet. Dieſe Drähte waren vom Turm nicht iſoliert; der Turm war ſomit auch ein Teil des ſchwingenden Antennenſyſtems.

Vom Erregerkreis führten 108 Drähte in die Erde und waren hier etwa 25 cm tief ſtrahlenförmig gemäß der Projektion des Luftnetzes eingegraben. Im Umkreis von 100 m verdreifachten ſich die Drähte analog den Verzweigungen der Antenne. Auf dieſe Weiſe war eine Fläche von 126 000 qm von Eiſendrähten durchzogen. Die Drähte lagen in Sumpfboden, der ſeiner hohen elektriſchen Leitfähigkeit wegen für die drahtloſe Telegraphie am günſtigſten iſt.

Das Knallfunkenſyſtem

Das damals zur Anwendung kommende Syſtem war das der Knallfunken (S. 42). Sein Prinzip ſei kurz erläutert. Der Sender beſteht aus einem ſchwingungsfähigen Kreiſe, d. h. einem Kreiſe mit Selbſtinduktion und Kapazität, der aufgeladen werden kann. Die Kapazität C und die veränderliche Selbſtinduktion L liegen mit der Funkenſtrecke F in einem Kreiſe, an dem einerſeits eine veränderliche Selbſtinduktion La (Antennenſelbſtinduktion) und andrerſeits die Erde liegt. La, L und Erde bilden einen ſchwingungsfähigen Kreis, dem ein ähnlicher auf der Empfängerſeite gegenüberſteht. Daß dieſer auf den erſten anſpricht, kommt daher, weil beide kapazitiv gekoppelt ſind, Erde und Luft bilden die beiden Beläge des Kopplungskondenſators. Um dort die aufgenommnen Schwingungen ſichtbar zu machen, wird mit der Spule La eine andre L induktiv gekoppelt, die in einem Kreiſe R mit einem variablen Kondenſator C und einem wellenanzeigenden Inſtrument, damals alſo einem Fritter, lagen. Dieſer iſt ſelbſt wieder Kontakt für den Lokalſtromkreis, in dem man die Wellen ſelbſt wahr-

nimmt. Die Apparate und Maschinen waren in einem einfachen zweistöckigen Backsteinbau untergebracht, an der Seite war ein Schuppen angebaut, in dem sich die Kraftquelle, eine 35 PS-Lokomobile, befand. Diese trieb durch Riemenübertragung einen Einphasen-Wechsel-

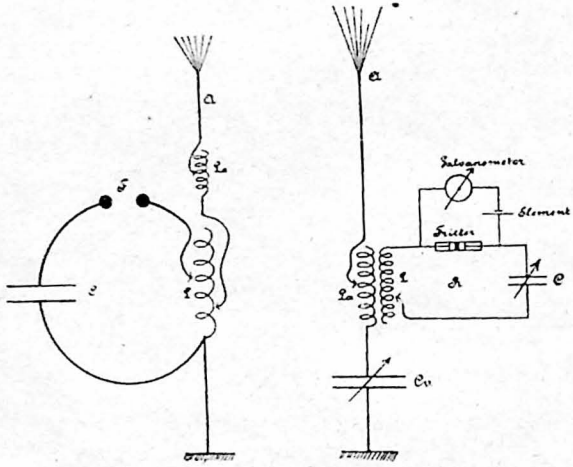


Hochspannungsraum der alten Knallfunkenstation Nauen. In der Mitte des Bildes sind die großen Funkenringe sichtbar, zwischen denen die Funken mit furchtbarem Getöse übergingen

stromgenerator. Die Maschine lieferte bei 750 Touren (50 Perioden) 25 Kilowatt.

Von dem Hauptausschalter führten zwei Leitungen in den im oberen Stockwerk gelegnen Hochspannungsraum. Die Abbildung zeigt im Vordergrund zwei Primärdrosseln, hinter diesen rechts vier primär in Reihe sekundär parallel geschaltete Induktoren, die durch das Taster-Relais kurz geschlossen waren und durch Öffnen desselben in Funktion gebracht werden konnten. Diese transformierten die Spannung

auf 150 000 Volt. In derselben Reihe links standen zwei Sekundärdrosseln und hinter ihnen der große Erregerkreis. Die kolossale Batterie von 360 Leydener Flaschen, in drei Gruppen hintereinander geschaltet, mit der außerordentlich großen Kapazität von 400 000 cm ist die im untenstehenden Bilde mit C bezeichnete Leydener Flasche; die zwei mächtigen massiven Ringe aus Zink in der Mitte der Flasche sind F, die Funkenstrecke, und von zwei aus je drei versilberten Kupferröhren zusammengesetzten Windungen ist L die variable Selbstinduktion. In der Mitte der Abbildung führt von der Selbstinduktion aus der Luftdraht (Antennenzuleitung) zur Decke; von dort wurde sie auf großen Isolatoren bis zu einer Kupferrohrspule, der Luftdrahtverlängerungsspule, weitergeleitet und endigte schließlich in einem Schalter,



Das Knallfunkensystem

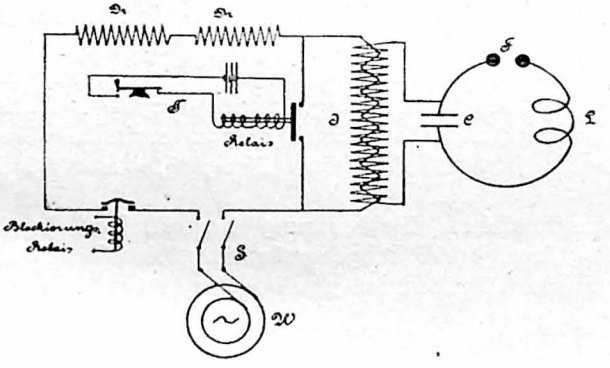
dem Sende- und Empfangsschalter. In diesen mündete das Schirmnetz der Station, das abwechselnd auf die Empfangsapparate und den Sender geschaltet werden konnte. Das Netz bestand aus sechs symmetrisch angeordneten Segmenten, die insgesamt eine Fläche von 60 000 qm überdeckten. Jedes Segment war aus neun etwa 150 m langen Bronzelitzen gebildet, die sich in $^1/_4$ ihrer Länge in zwei weitere Litzen so verzweigten, daß die Antenne im ganzen aus 162 Drähten bestand. Das Schirmnetz wurde an 18 Punkten durch Hanfseile, die durch Porzellanisolatoren vom Netz isoliert waren, derartig ausgespannt, daß der Schirm 20 m über dem Erdboden endigte.

Die Empfangseinrichtung entsprach dem damaligen Höchststande der Technik.

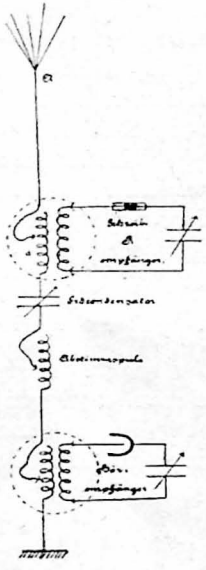
Von dem oben erwähnten Empfangs- und Sendeschalter führte ein Draht in den Empfangsraum zu dem Empfangstisch.

Der vom Netz kommende Draht führte zunächst in eine Spule a des Schreibtransformators. Vor dem Schreibtransformator befand sich der Schreibempfänger mit dem Morseschreiber. Von dem Schreibtransformator ging der Antennendraht in den Erdkondensator, der zur feinen Abstimmung des Luftnetzes diente. Von hier aus hätte der Draht (wie im Bilde S. 42) zur Erde gehen können. Es war aber außer dem Schreibempfänger noch ein Telephonempfänger eingebaut, der eine kleine Vergrößrung des Apparats zur Folge hatte. So führte der Luftdraht vom Erdkondensator in eine Abstimmspule, deren Wirkungsweise aus der Skizze ersichtlich ist, und von dort in den Hörtransformator und zur Erde.

Im Hörempfänger wurden die empfangnen Wellen durch einen Detektor (oder Schloemilch-Zelle, so genannt nach dem Erfinder) geleitet, der in Verbindung mit einer Batterie in einem in den Apparat



Die Schaltung der Station



Die Empfangsschaltung

eingeschalteten Telephon ein Knacken im Rhythmus der Morsezeichen erzeugte, ähnlich den Klopferempfängern der Drahttelegraphie. Der Kondensator rechts neben dem Hörtransformator gehörte zum Hörempfangsapparat selbst.

Sandte eine Station, in deren Bereich die Großstation Nauen liegt, mit einer unbekannten Welle, so variierte man zunächst den Erdkondensator und die Abstimmspule, bis ein Ton, das Knacken im Telephon, zu hören war. Durch feinere Variation dieser beiden Apparate erlangte man schließlich ein Maximum des Tones. Nun war das Netz auf denselben Ton, auf dieselbe Wellenlänge der sendenden Station abgestimmt. Der Resonanzkreis R des Schreibempfängers wurde nun ebenfalls auf diese Wellenlänge gebracht und der Morseschreiber gab die Zeichen dann deutlich in Strichen und Punkten wieder.

Durch einen Handgriff konnte nach Schluß des Telegramms der Sender bereitgehalten werden. Der oberhalb des Empfangstisches angebrachte Empfangs- und Sendeschalter schaltete zu gleicher Zeit das Netz von den Empfangsapparaten ab und auf den Sender. Er blockierte aber außerdem das oben erwähnte Blockierungs-Relais und ließ dieses erst dann den Wechselstromkreis schließen, wenn der Schalter auf „Senden" stand. Diese automatische Sicherung wurde notwendig, um zu verhindern, daß die starke Senderenergie die empfindlichen Empfangsapparate zerstört.

Diese erste Anlage hat ihren Zweck, neue Schaltungen, Maschinen und Geräte für den Fernverkehr unter wirklichen Betriebsverhältnissen zu erproben, wohl erfüllt. Außerdem wurden eingehende Messungen, besonders zur Klärung der Kopplungs- und Dämpfungsverhältnisse vorgenommen.

Reichweitenversuche, die mit Schiffen vorgenommen wurden, vornehmlich in Richtung Süd-Amerika, ergaben eine gute Nachrichtenübermittlung bis Teneriffa auf rund 3600 km. Die Station erregte das größte Interesse der Wissenschafter und der Behörden aller Länder. In der Zeit von 1900 bis 1909 wurde sie von mehr als 10 000 Personen besichtigt. Fast alle Regierungen der Welt hatten Sonder-Ausschüsse zum Studium der Einrichtungen entsandt. Auch der zweite internationale funkentelegraphische Kongreß, der 1906 in Berlin tagte, besuchte die Anlage.

Diese etwas ausführlichere Beschreibung der ältesten Anordnung ist deshalb wichtig, weil darin Dinge vorkommen, die bis auf den heutigen Tag geblieben sind. Wir können deshalb später etwas kürzer sein.

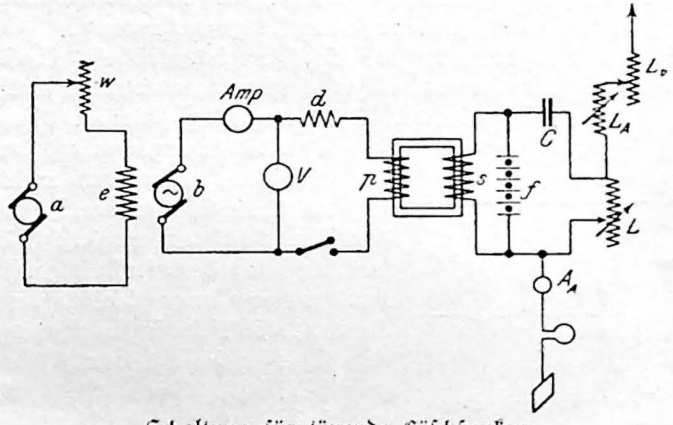
Die Herrschaft des Löschfunkensystems

Als in den Jahren 1906 und 1907 der Poulsensender auftauchte, der ungedämpfte elektrische Schwingungen mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens erzeugte, glaubte man, das Ende der Funkentelegraphie, also der mit Funkenentladungen arbeitenden Systeme, sei gekommen. Aber die Poulsensche Methode hielt leider nicht, was sie zuerst versprach. Die Funkenmethode dagegen erhielt durch eine neue Entdeckung einen neuen großen Anstoß, der so bedeutend war, daß sie bis vor kurzem die drahtlose Telegraphie beherrschte und die ungedämpfte Methode in den Hintergrund drängte. Erst neuerdings reißen die Kathodenstrahlröhren die Herrschaft an sich, aber so lange war unbestritten das System der tönenden Löschfunken das hervorragendste.

Dieser Anstoß ging von der Entdeckung der Stoßerregung aus, die zur Ausbildung des Systems der tönenden Löschfunken führte. Es mag gleich an der Hand eines praktischen Beispiels erläutert werden (Bild auf Seite 45).

Eine Gleichstrommaschine a von 100 Volt Spannung liefert den Erregerstrom für eine Wechselstrommaschine b. Der Widerstand w

heißt der Tonschieber; warum, werden wir noch erfahren. a, e, w bilden den Gleichstromkreis. Die Wechselstrommaschine b liefert einen Wechselstrom von 500 Perioden bei 150 bis 200 Volt Spannung. Dieser Strom speist über eine Drossel d die primäre Wicklung p eines Transformators, dessen sekundäre Wicklung s bereits dem sekundären Wechselstromkreis angehört. Dieser führt die Niederfrequenzhochspannung von 5 bis 8000 Volt. An der Sekundärwicklung liegt direkt die Funkenstrecke f, über die sich der hochgespannte Strom in zahlreichen Einzelfunken entlädt. Legt man an die Funkenstrecke einen geschlossnen Schwingungskreis, so entstehen darin durch die Funken-



Schaltung für tönende Löschfunken

entladung Hochfrequenzschwingungen, deren Frequenz durch die angenäherte Thomsonsche Formel

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

berechnet werden kann. Die darin vorkommenden Bezeichnungen bedeuten die Maßzahlen für ν = Frequenz der Schwingungen, L = Selbstinduktionskoeffizient, C = Kapazität des Schwingungskreises. Daraus ergibt sich die Wellenlänge zu

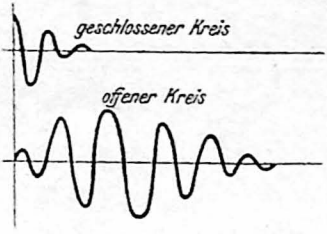
$$\lambda = 2\pi\sqrt{CL},$$

und zwar in der üblichen Messung nach Metern, wenn man L im CGS-System, C nach cm mißt. Macht man, wie im Bilde gezeichnet, die Selbstinduktion regelbar (man pflegt das durch einen Zeiger anzudeuten), so kann man verschiedne Wellen einstellen und hat so die Möglichkeit, mit diesen zu telegraphieren.

Um aber diese Wellen in den Äther hinausstoßen zu können, wo sie irgend einen Empfänger erregen können, ist noch ein Strahler erforderlich. Dieser bekommt in der drahtlosen Telegraphie die Form

der Antenne. Der Strahler ist ein offner Schwingungskreis, dessen Selbstinduktion z. T. wenigstens mit der des Funkenkreises, des sogenannten „Stoßkreises", übereinstimmt. Um das Höchstmaß an Energie vom Stoßkreise auf den offnen, den Antennenkreis, zu übertragen, wird für Resonanz zwischen beiden Kreisen gesorgt. Mit dem Antennenvariometer L_A, der veränderlichen Antennenselbstinduktion und der Antennenverlängerungsspule L_V wird diese Abstimmung vollzogen. Man erkennt sie daran, daß das Antennenampèremeter A den größten Ausschlag zeigt, d. h. die größte Energiemenge führt. Im Stoßkreise verschwindet die Schwingung wegen der starken Dämpfung in der Funkenstrecke sehr rasch wieder, während die im offenen Kreise angestoßne Schwingung in schwacher Dämpfung ausschwingt.

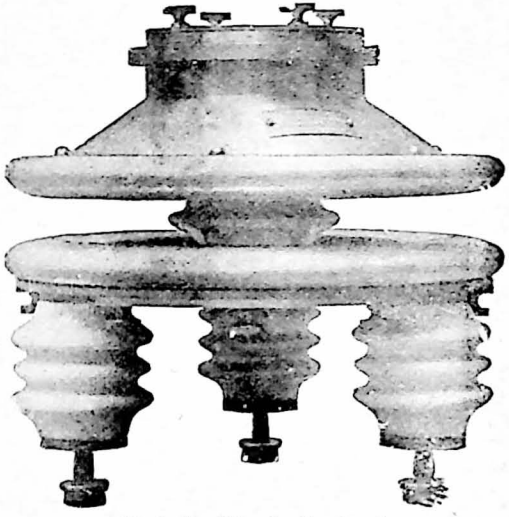
Beim Zustandekommen der Stoßerregung ist ein Umstand sehr wichtig, auf den hier etwas näher eingegangen werden muß. Es ist nämlich von ausschlaggebender Bedeutung, daß die im offnen Kreise schwingende Energie nicht mehr auf den Stoßkreis induziert, weil dadurch ja nur Energie verbraucht wird. Zu dem Zwecke ist es erwünscht, daß dieser sogleich nach dem Anstoß geöffnet wird, und es so lange bleibt, bis in der Antenne die Schwingung ausgeklungen ist. Das geschieht durch die Funkenstrecke selbst. Diese ist nicht mehr wie bei den physikalischen Apparaten eine einfache Entladungsstrecke zwischen Spitzen oder Kugeln. Denn durch solche würde nur wenig Energie transportiert werden können, weil der Widerstand viel zu groß wäre. Schon bei der alten Knallfunkenstrecke wuchsen sich die Funkenstrecken zu soliden Zinkringen mit einem Durchmesser von Mannsdicke und Armstärke aus. Bei dem Löschfunkensystem ist eine besondre Konstruktion der Funkenstrecke zur Anwendung gekommen, die wir nunmehr erörtern wollen. Die Funkenstrecke besteht nämlich nicht mehr aus einer einzigen Entladungsstrecke, sondern ist unterteilt, so daß zahlreiche Funkenstrecken hintereinander geschaltet sind und jeder Funke nur immer eine kurze Strecke zu überspringen hat. Eine solche Teilfunkenstrecke (S. 48) besteht aus zwei kreisrunden Platten e, die eine kreisförmige Rille a haben. Ein Glimmerring b etwas größern Durchmessers als die beiden Platten, der nach innen in die Rille ein wenig hineinragt, trennt die beiden Platten voneinander und isoliert sie. Werden die Platten e Elektroden, so gehen die Entladungen im innern Teil i vor sich. Die Platten werden so aneinander gepreßt, daß die Luft zwischen ihnen abgeschlossen ist.



Die Stoßerregung und ihre Wirkweise

Es ist bekannt, daß eine Entladung bei höherer Spannung einsetzt, als sie sich unterhält. Soll also der Stoßkreis nach der ersten

Periode nicht mehr weiterſchwingen, ſo muß der Funke dann unterbrochen werden. Der Funke beſteht nun aus den Metallgaſen, die durch Erhitzung des Metalls an der Übergangsſtelle entſtehen und dem Strom eine Leitung bieten. Man muß daher verſuchen, dieſe Erhitzung möglichſt hintanzuhalten, d. h. die Funkenſtrecke kühl zu erhalten. Dazu bieten ſich mehrere Mittel. Der Maſchineningenieur würde zuerſt kühlen. Das tut man tatſächlich auch bei den größern Funkenſtreckenkonſtruktionen. Man ſorgt für Kühlrippen, die die Wärme in die umgebende Luft ausſtrahlen, man durchlüftet die Platten und dgl. mehr. Der Phyſiker würde zuerſt verſuchen, die Erhitzung ſelbſt möglichſt zu verhindern. Das kann dadurch geſchehen, daß man als Stoff für die Platten ein Metall mit möglichſt großer ſpezifiſcher Wärmekapizität wählt, alſo etwa Kupfer, da ja Silber zu teuer iſt. Aber man geht ſogar noch einen Schritt weiter und macht wenigſtens die gefährdeten Stellen aus Silber, nämlich die innere Partie der Funkenplatten. Das geſchieht in der Weiſe, daß man in die kreisförmige ausgedrehte Platte eine maſſive Silberplatte einpreßt. Das iſt ſogar ein ſehr weſentlicher Umſtand, der zu langwierigen Patentſtreitigkeiten geführt hat. Durch dieſe Maßnahmen aber hat man es tatſächlich erreicht, daß der Stoßkreis erliſcht, während die Energie im Antennenkreiſe langſam ausſchwingt. Zur Löſchung des Funkens trägt übrigens auch das von ihm ſelbſt erzeugte magnetiſche Feld bei, das eine blaſende Wirkung auf ihn ausübt.



Einfache Ringfunkenſtrecke

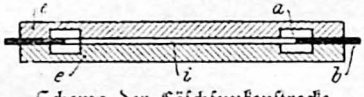
Es hat ſich gezeigt, daß die Löſchwirkung am beſten vor ſich geht, wenn die Funkenſtrecke nur 0,2 bis 0,4 mm lang iſt. Die Einſatzſpannung für dieſe Entfernung beträgt etwa 1000 Volt. Um größre Energie zu transportieren, ſchaltet man, wie geſagt, mehrere Teilfunkenſtrecken hintereinander. Die anzulegende Spannung muß dann proportional größer ſein. Die dadurch in der Funkenſtrecke pendelnde Energie entſpricht dem Quadrate der Spannung. — Die techniſche Ausführung einer ſolchen „Serienfunkenſtrecke“ iſt nicht einfach. Die Konſtruktion wird dadurch ſehr erſchwert, daß man für

manche ſtark auf Zug beanſpruchte Teile kein Metall verwenden darf, ſondern nur alle ſolche Beanſpruchung ſchwer ertragenden Iſolierſtoffe.

Ein weitres ſehr weſentliches Moment für das gute Funktionieren iſt die richtige Kopplung des Stoß- und des Antennenkreiſes. Unter „Kopplung" verſteht man die Verbindung der beiden in Reſonanz befindlichen Syſteme. Analytiſch wird ſie durch die Beziehung

$$K = \frac{L_{1\,2}}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

dargeſtellt, wobei L_1 und L_2 die wirkſamen Selbſtinduktionskoeffizienten, $L_{1\,2}$ den wirkſamen wechſelſeitigen Selbſtinduktionskoeffizienten der beiden Syſteme darſtellt. Die Kopplung darf weder zu feſt noch zu loſe ſein. Wird zu feſt gekoppelt, ſo kommt die Energie vom offnen Kreiſe ſo ſchnell zum Stoßkreiſe zurück, daß noch zu viele Jonen



Schema der Löſchfunkenſtrecke

zwiſchen den Elektroden der Funkenſtrecke vorhanden ſind und dieſe ſelbſt noch nicht genügend abgekühlt iſt. Dann zündet der Funke wieder und die Energie ſchwingt in den Stoßkreis zurück. Iſt dagegen die Kopplung zu loſe, ſo ſchwingt die Energie im geſchloſſnen Kreiſe zu lange, ehe ſie genügend auf den Antennenkreis übertragen wird. Sie erleidet im erſten aber durch die ſehr ſtark dämpfende Funkenſtrecke ſehr ſtarke Energieverluſte, die ſich noch dazu in Wärme umſetzen und die Wirkungsweiſe der Funkenſtrecke als „Löſchfunken" ſehr beeinträchtigen. Erfahrungsgemäß iſt die Kopplung von 20% die günſtigſte.

Die günſtigſte Dimenſionierung der beiden Schwingungskreiſe kann man ebenfalls nach gewiſſen Erfahrungsſätzen angeben; aber es würde zu weit führen, dieſe hier zu begründen.

Mit Hilfe dieſes Syſtems, das von der Geſellſchaft für drahtloſe Telegraphie m. b. H. (Telefunken) unter Mitwirkung von Prof. Max Wien ausgebildet worden iſt, iſt es möglich, den Funken im geſchloſſnen Kreiſe ſo ſchnell abzureißen, daß man in der Sekunde 500 bis 2000 Funken über die Funkenſtrecke ſchicken kann, ohne daß ſich ein dauernder Lichtbogen bildet. Man verſucht natürlich, die Funkenfolge möglichſt groß zu machen, weil man dann recht viel Energie ſchwingen laſſen kann. Verwendet man bei b (im Bild S. 45) 500 periodigen Wechſelſtrom, ſo kann man die Spannung mit Hilfe des Tonſchiebers w ſo regulieren, daß z. B. bei jedem Spannungsmaximum ein Funke überſpringt. Das ergibt 1000 Funken in der Sekunde. Läßt man nur alle 2, 3, 4 Wechſel uſw. einen Funken übergehen, ſo erniedrigt

ſich die Funkenfrequenz auf 500, 333, 250 Funken in der Sekunde. Wenn man ſich nun denkt, daß man dieſe Wechſel auf irgend eine Weiſe im Telephon hörbar macht, ſo erhält man darin einen muſikaliſchen Ton, der 1000, 500, 333, 250 Schwingungen uſw. entſpricht. 1000 Schwingungen ergeben als Ton etwa das zweigeſtrichne h (h''), 500 das eingeſtrichne h (h'), 333 das eingeſtrichne e (e'), 250 das kleine h (h). Die etwa im Takte der Morſezeichen gegebnen Signale bringen dann die Morſezeichen in tönender Form hervor, ſo daß man dieſes Syſtem der Löſchfunken das der „tönenden Funken" genannt hat.

Dieſe tönenden Funken haben den großen Vorteil, daß ſie ſich von unbeabſichtigten etwa durch atmoſphäriſche Einflüſſe bewirkten Störungen im Empfangstelephon hervorgerufnen Geräuſchen und Tönen wirkſam abheben, denn aus ihnen kann man ſtets den ſaubern muſikaliſchen Ton heraushören. Dieſer Vorzug iſt ſo groß, daß er allein ſchon genügt hätte, dem Syſtem der Löſchfunken einen großen Vorſprung vor allen andern Arten der drahtloſen Telegraphie zu ſichern.

Allerdings iſt dabei erforderlich, daß der Ton auch einigermaßen ſauber iſt, daß alſo die Funken in genau gleichen Abſtänden einander folgen, denn wenn etwa ein oder zwei Töne ausbleiben, muß der Ton herunterſpringen und immerwährend wechſeln. Das ergibt einen unſaubern Ton, der ſich mehr einem Geräuſch nähert und infolgedeſſen nicht mehr ſo gut aus allen Störgeräuſchen herausgehört werden kann. Das wichtigſte iſt dabei die richtige Löſchwirkung der Funkenſtrecke. Zur Regulierung des Tones dient der vorhinerwähnte Tonſchieber (w im Bilde Seite 45), der die Erregung der Wechſelſtrommaſchine regelt.

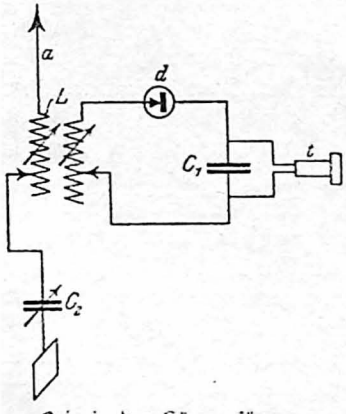
Ein weitrer Umſtand für den Vorzug des Syſtems der tönenden Löſchfunken iſt der, daß der Wirkungsgrad gegenüber dem Knallfunkenſyſtem weſentlich verbeſſert iſt. Bei dieſem betrug er etwa 50%, während bei jenem vom Antriebsmotor bis zur Antenne nur 25% der Energie verloren gehen, der Wirkungsgrad alſo 75% erreicht.

Der tönende Funkenſender, der zur Zeit nur noch zur Abgabe des Zeitſignals, die 1 Uhr nachts und 1 Uhr nachmittags MEZ erfolgt, und zu Wetterberichten mit 3900 m-Welle dient, iſt jetzt das Überbleibſel einer frühern Betriebsperiode von Nauen.

Strahler und Antennenträger

Die Mechanik der Ausſtrahlung der elektromagnetiſchen Wellen in den Raum und ihre Übertragung auf die Empfangsſtation iſt ein Vorgang, der zwar theoretiſch ſchon oftmals unterſucht worden iſt, der aber noch lange nicht reſtlos geklärt iſt. Es handelt ſich dabei im Grunde wohl um einen induktiven Vorgang, und zwar ſcheint es eine kapazitive Kopplung zu ſein, die Sende- und Empfangsſtation

miteinander verbinden. Wir können hier nicht darauf eingehen. Nur so viel sei mitgeteilt, daß man durch die Form der Antenne gewisse Richtungen bevorzugen kann, andre benachteiligen. So steht auch eine Antenne von Nauen in der Richtung auf Togo, die andre in der auf Amerika. Der Antennenmast ist dabei nicht Strahler, sondern nur Antennenträger, während die Ausstrahlung die von ihm getragnen Antennendrähte besorgen. In der gleichen Weise wie die Ausstrahlung wird auch das Auffangen der Wellen der Sendestation durch die Empfangsantenne bewirkt. Die Höhe der Maste spielt dabei die Rolle der Möglichkeit des Ausspannens genügend langer Antennendrähte in nicht zu geringem Abstande von der Erde. Die Länge der Antennendrähte hängt wieder mit der Wellenlänge zusammen. Aber auch die Erörterung dieser Verhältnisse würde zu weit führen. Es genügt, darauf hingewiesen zu haben, weil der Umstand in die Augen fällt und nicht selten darnach gefragt wird.



Prinzip des Hörempfängers

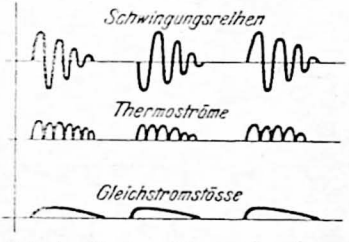
Der Hörempfänger

Der Empfang der Wellen geschieht beim tönenden Löschfunkensystem mit Hilfe des Hörempfängers. Mit seinem Prinzip wollen wir uns kurz bekannt machen. Der Antennenkreis der Empfangsstation besteht aus der eigentlichen Antenne a, einer Selbstinduktion L und einer Kapazität C_2. Die Selbstinduktion wird mit einem sogenannten Detektorenkreis gekoppelt. Die Kopplung geschieht an einer Spule L. Der Kreis enthält außer einem Kondensator C_1 noch einen sogenannten Detektor d, ein Instrument, das auf die Schwingungen reagiert und gestattet, sie im Telephon t als Töne hörbar zu machen. Die Regelbarkeit der Selbstinduktion und des Kondensators im Antennenkreise gestattet, die ankommenden Wellenlängen richtig aufzunehmen und scharf einzustellen, „abzustimmen". Der Kondensator C_1 im Detektorkreise ist nur ein sogenannter Blockkondensator, der die Aufgabe hat, das Telephon gegen die kursierenden Hochfrequenzschwingungen zu schützen. Für sie stellt der Kondensator einen geringen Widerstand dar, so daß sie sich durch ihn leicht ausgleichen, während die große Selbstinduktion ihrem Durchgang einen erheblichen Widerstand entgegenstellt. Im Telephon sollen ja auch lediglich die durch den Detektor in Gleichströme verwandelten Schwingungsströme aufgenommen und abgehört werden. Man wendet solche Blockkondensatoren überall da an, wo in Schaltungen Gleich- und Wechselströme in Verbindung stehen und auseinandergehalten werden müssen. Gleich-

ſtröme können nicht über den Kondenſator hinweg, während er für Wechſelſtröme keine Hinderniſſe bietet.

Der Detektor

Die Wirkweiſe des Detektors, bis vor kurzem des empfindlichſten Inſtruments zum Nachweiſe elektriſcher Wellen, iſt noch heute ungeklärt. Wahrſcheinlich beruht ſie auf thermiſchen Eigenſchaften. Er iſt nichts andres als ein unvollkommner Kontakt, der ja in der ganzen drahtloſen Telegraphie überhaupt eine große Rolle geſpielt hat. Eine einfache Form iſt die eines Graphitſtiftchens, der ſich gegen ein Plättchen aus Bleiglanz drückt. Die modernen Detektoren benutzen andre Stoffe: Pyrit, Kaborund, Molybdänglanz uſw. Bei den thermiſchen Detektoren nimmt man an, daß die Wirkungsweiſe durch die Heizung der Kontaktſtelle zuſtande kommt. Die auftretende Schwingungsenergie häuft ſich an und ſetzt ſich in Wärme um. Dabei entſtehen Thermoſtröme, die wie alle galvaniſchen Ströme nur eine Richtung haben. Sie ſummieren ſich ſo weit, daß ſie das Telephon zu erregen vermögen. Bei einigen Stoffen ſcheint eine verſchiedne Leitfähigkeit in den beiden Richtungen für die Wirkungsweiſe weſentlich zu ſein. Bei thermiſcher Funktion kann man ſich die Sache ſo vorſtellen, daß die auf den Detektor treffenden Schwingungen in Thermoſtröme umgewandelt werden, ſo daß jede Schwingung zu einer Serie Thermoſtromſtößen Veranlaſſung gibt, die in ihrer Wirkung auf das Telephon wegen ihrer Schnelligkeit wie Gleichſtromimpulſe wirken. Die hochfrequenten Schwingungen erfolgen ſo ſchnell, daß die Telephonmembran ihnen nicht zu folgen vermag, aber die Schwingungsſerien folgen in Abſtänden, die im Bereich der hörbaren Töne liegen. Bei tauſend Gleichſtromimpulſen wird die Membran 1000 mal angeſtoßen und ergibt den vorgenannten Ton h″.

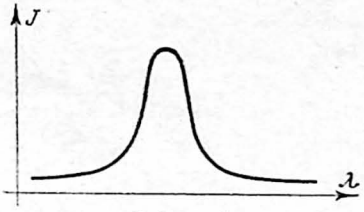


Wirkweiſe des Thermodetektors

Der Empfang

Will man die Wellen einer fernen Sendeſtelle aufnehmen, ſo koppelt man zunächſt feſt und verändert den Antennenkondenſator, bis man im Telephon einen Ton hört. Tritt das nicht ein, ſo verändert man auch die Antennenſelbſtinduktion. Die praktiſchen Empfänger ſind alle für große Bereiche eingerichtet. Hat man den Ton gefunden, befindet man ſich alſo im Wellenreich, ſo koppelt man immer loſer. Der Ton bleibt dann auf immer mehr verringertem Bereich des Kondenſators hörbar, wird aber immer ſchärfer.

Was die genaue Abſtimmung bedeutet, zeigt das Bild unten. Scharfe Abſtimmung läßt die Stromſtärke auf den höchſten Punkt der Stromkurve hinaufſchnellen, ſchlechtre Abſtimmung ergibt keine ſo große Stromſtärke und damit viel weniger Energie. Es kommt nun darauf an, die Verhältniſſe immer ſo einzurichten, daß die Reſonanzkurve recht ſpitz wird. Bei einer flachen Welle läßt ſich das Maximum naturgemäß weniger leicht finden als bei einer ſpitzen. Für den Empfang der Wellen hat das aber noch eine andre Bedeutung. Je ſchärfer die Abſtimmung iſt, deſto ſchärfer wird die Welle aufgenommen, deſto weniger können auch andre Wellen, die ähnliche Länge haben, den Empfang ſtören. Und das iſt doch außerordentlich wichtig, denn die Deutlichkeit hängt davon ab. Nimmt man eine Welle von 1500 m auf, geſtattet der Empfänger aber, bei gleicher Abſtimmung auch noch Wellen von 1420 m einigermaßen deutlich aufzunehmen, ſo iſt die Reſonanzkurve zu flach. Man wird dann in dem ganzen Bereich von 1420 bis 1580 m Wellenlänge die Zeichen bekommen, d. h. alle in dieſem Bereich arbeitenden Stationen mit aufnehmen, von ihnen alſo geſtört werden. Die zum Undeutlichwerden der Zeichen notwendige Verſtimmung muß möglichſt gering, d. h. die Abſtimmſchärfe möglichſt groß ſein. Beim Hörempfang rechnet man mit 3 bis 5 % Verſtimmung, um außerhalb des Störbereichs zu kommen. Die loſe Kopplung ſchiebt, wie wir ſahen, die Abſtimmſchärfe immer höher hinauf, ſo daß man im Kopplungsgrade ein Mittel zur Beſeitigung von Störwellen hat. Je geringer die Dämpfung im Antennenkreiſe iſt, je ſanfter die Wellen alſo abklingen, deſto länger wird der Thermoſtrom, deſto nachhaltiger überträgt ſich die Energie der ankommenden Schwingungen und vergrößert den Impuls auf die Membran. Selbſt eine ſtarke Störwelle wird bei loſer Kopplung nur ſehr wenig Energie auf den Kreis übertragen können, denn nur der erſte oder die erſten Amplituden ſeiner Schwingungen läßt die hohe Kopplung hindurch. Das folgt ohne weitres aus dem obigen Bilde; bei enger Kopplung ſtört die benachbarte Welle, bei loſer nicht.



Reſonanzlage

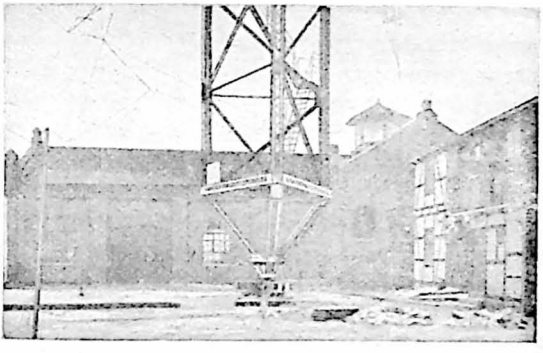
In der Dämpfungsbemeſſung des Antennenkreiſes liegt alſo auch ein Mittel, die Störungen zu beſeitigen.

Die Entwicklung der Anlage Nauen

Die Station Nauen war, wie bereits geſagt, ebenfalls mit Apparaten nach dem Syſtem der tönenden Löſchfunken ausgerüſtet, ja ſie iſt es noch heut. Es laſſen ſich bei ihr überhaupt mehrere Abſchnitte der Entwicklung unterſcheiden:

1. Abſchnitt: 1906 bis 1909 Anlage nach dem Knallfunkenſyſtem mit rund 10 Kilowatt Antennenleiſtung,
2. Abſchnitt: 1909 bis 1911 Anlage nach dem tönenden Löſchfunkenſyſtem mit rund 25 bis 35 Kilowatt Antennenleiſtung,
3. Abſchnitt: 1911 bis 1916 a) Anlage nach dem tönenden Löſchfunkenſyſtem mit rund 80 und 100 Kilowatt Antennenleiſtung,
   b) Anlage mit dem Hochfrequenzmaſchinenſyſtem mit rund 100 Kilowatt Antennenleiſtung,
4. Abſchnitt: 1916 bis jetzt Anlage mit Hochfrequenzmaſchinenſendern für 400 Kilowatt und 150 Kilowatt.

Mit der Periode des Syſtems des tönenden Löſchfunkens ſetzte die großartige Entwicklung der Station Nauen ein. Sie wurde aus einer Verſuchs- eine betriebsſichere Verkehrsſtation. Als Kraftquelle für die neue aufgeſtellte Löſchfunkenſtation diente die vorhandne Lokomobile, der Wechſelſtromgenerator wurde durch eine Gleichſtromdynamo erſetzt und in einem Anbau an das Gebäude wurde eine Akkumulatorenbatterie als Reſerve untergebracht. Durch Parallelarbeiten beider konnten mit dem Sender ohne Schwierigkeit 35 Kilowatt in der Antenne erzielt werden.



Nauen im Frühjahr 1912

Die wirkſame Höhe der Antenne (ſ. Bild) war durch Aufſtellung von 12 Hilfsmaſten von 30 Meter Höhe verbeſſert worden.

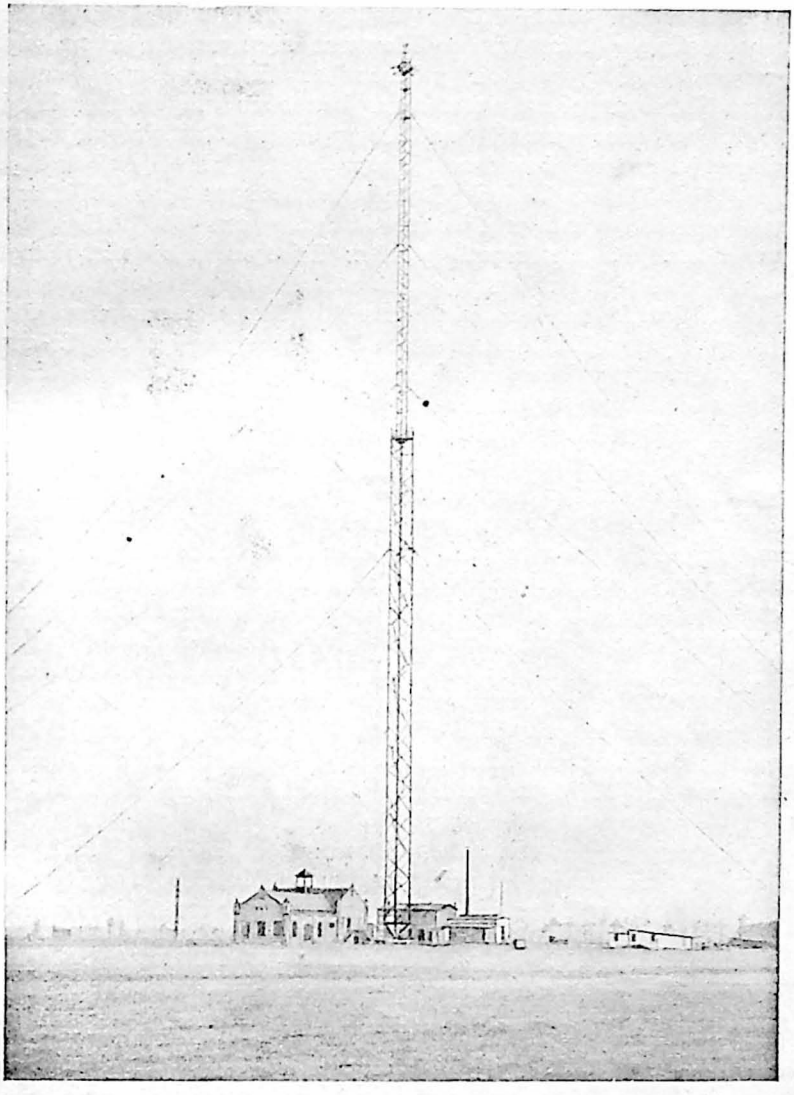
Die Erfolge mit dieſer Senderanlage waren gradezu überraſchend. Während die alte Knallfunkenſtation eine Nachrichtenübermittlung bis auf rund 3600 Kilometer geſtattete, ergaben ſyſtematiſch durchgeführte Reichweitenverſuche mit dem eigens zu dieſem Zweck ausgerüſteten großen Frachtdampfer „Bosnia" 5000 km gute Reichweite.

Jetzt gewann das Reich größres Intereſſe an der Station. Die Anregung des Reichspoſtamtes im Jahre 1910, eine Verbindung Nauen-Kamerun zu verſuchen, veranlaßte den Aufwand größrer Mittel zur Verbeſſrung der Station und zur Erlangung größrer Reichweite. Die zuerſt in Kamerun, ſodann in Togo (Entfernung von Deutſchland 5400 km) vorgenommnen Verſuche, Funkentelegramme direkt aus Nauen aufzunehmen, hatten unter ſchwerem Mißgeſchick zu leiden. Nach Überwindung großer Schwierigkeiten, nachdem die Empfangs-

türme in Togo zweimal durch Tornados vernichtet worden waren, gelang es, Signale aus Nauen aufzunehmen, aber noch vor Beendigung der Versuche stürzte der aus Anlaß dieser Versuche von 100 auf 200 m erhöhte Nauener Turm im März 1912 durch einen schweren Sturm zusammen. Die Sache hatte sich so entwickelt. Ein Neubau eines größren Turms war ausgeschlossen gewesen, weil der alte Mast stehen und der Betrieb aufrecht erhalten bleiben mußte. Man schritt daher zu einer Erhöhung des alten Masts. Diese war in der Weise vorgenommen worden, daß man auf den bereits beschriebnen Turm einen zweiten von gleicher Höhe setzte. Zu dem Zwecke wurde der vorhandne Turm verstärkt und ein neuer aufgesetzt. Da es für den untern Mast erforderlich war, daß der Druck des obern Turms auf die drei Stiele gleichmäßig übertragen wurde, so wurde auch der obre Turm auf den untern mit einem Gelenk aufgesetzt und mit einer Isolation aus Glaskörpern versehen. Die Gelenkkonstruktion wurde auch noch zu dem Zweck ausgeführt, die Bewegungen des hohen sehr schlanken Bauwerks unschädlich zu machen, so daß Nebenspannungen durch Schwingungen des Mastes an einer Stelle ausgeschaltet wurden. Außerdem wurden ungleichmäßige Anfangsspannungen in den Abspannseilen durch das Gelenk ausgeglichen, so daß der Turm nicht von Anfang an schon bedeutende Nebenspannungen erhielt. Dieser Grundgedanke der Gelenkkonstruktion, die sich schon bei dem 100-Meter-Turm und andren Türmen sehr gut bewährt hatte, ist auch bei weitren hohen Türmen zur Ausführung gekommen. Die Abspannseile des erhöhten Turms waren ebenfalls in Rundeisen mit angestauchten oder einfach gebognen, geschweißten Augen ausgeführt. Derartige Seile weisen wegen der geringen Festigkeit des Eisens sehr große Durchhänge auf. Um diesem Mangel abzuhelfen, waren die Mittelpunkte, resp. Drittelpunkte der Abspannungen mit einem besondren schwachen Seil niedrig mit dem Erdboden verbunden, um so die Veränderungen der Seildurchgänge bei Stürmen festzulegen und hierdurch die Bewegung des Mastes zu reduzieren. Gewöhnliche Drahtseile konnten für die Abspannungen des Mastes nicht in Frage kommen, denn derartige Seile weisen ständig Dehnungen auf, die aus der Konstruktion der Seile herrühren. Infolgedessen wäre ein ständiges Nachspannen der Abspannseile notwendig gewesen. Da aber die Konstruktion des erhöhten Mastes wegen der dreifachen Abspannungen mehrfach statisch unbestimmt war, so ließen sich schon aus diesem Grunde gewöhnliche Drahtseile nicht verwenden, da der Elastizitätsmodul, der bei der Berechnung derartiger Bauwerke eine große Rolle spielt, viel zu unsicher ist.

Die Abspannseile waren in den Außenfundamenten, die in gleicher Weise, wie die des vorhandnen Turmes ausgeführt wurden, durch Kettengliedisolation isoliert. Die großen Seillängen für die Erhöhung erforderten aus elektrischen Gründen eine Unterteilung.

Die Erhöhung des Turmes war Weihnachten 1911 bis auf einige Kleinigkeiten an der Spitze des erhöhten Mastes fertiggestellt (s. Bild).



Der auf 200 m erhöhte Turm der Station Nauen vom Jahre 1912

Außerdem fehlte die Hilfsabspannung in der Mitte der vorhandnen Abspannung an dem untern Turm. Diese konnte nur bei günstigem Wetter oder bei Nichtbenutzung der Antenne angebracht werden.

Zum Zwecke der Anbringung war es notwendig, daß die Monteure mit einem beſondern Korb von der Erde aus die Abſpannung entlang heraufgezogen wurden und hier die Hilfsabſpannung befeſtigten. Die ſtändigen Verſuche ſowie das ungünſtige Wetter ließen dieſe Arbeit trotz monatelanger Wartezeit der Monteure nicht zu. Außerdem zeigten ſich an den Glaskörpern, die zwiſchen der Erhöhung und dem vorhandnen Turm eingebaut waren, aus den oben mitgeteilten Urſachen Sprünge, die aber gemäß den Verſuchen im Materialprüfungsamt Großlichterfelde keine beſondre Gefahr boten. In dieſem nicht ganz fertigen Zuſtande wurde die Turmkonſtruktion kurz vor Wiederaufnahme der noch fertigzuſtellenden Arbeiten am 30. März durch Stürme überraſcht. Aus irgend welchen Urſachen iſt die Erhöhung in etwa 150 m Höhe eingeknickt und ſo vom Turm heruntergeriſſen worden, daß die Eiſenteile des herabgeſtürzten 100-Meter-Turms etwa 60 m weit vom Fuß des Bauwerks lagen. Beim Stürzen ſind die Trümmer über die darunter ſtehenden Häuſer hinweggeflogen, ohne die geringſten Beſchädigungen an den Häuſern anzurichten.

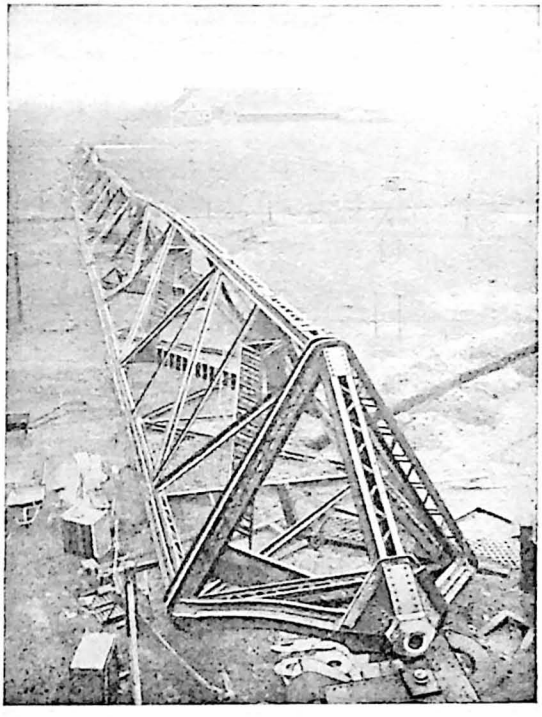
Bei dieſem Sturz haben die Trümmer das Abſpannſeil, das in der Windrichtung auf der Luvſeite lag, abgeſchlagen. Der Sturm war aber ſo ſtark, daß er trotz der abgeſchlagnen 50 mm ſtarken Rundeiſenabſpannung des untern Turms den 100 m hohen alten Turm noch 8 Minuten ſtehend gehalten hat. Während dieſer Zeit haben die aus den Häuſern infolge Aufſchlagens des geſtürzten oberen Turmes entflohenen Leute noch verſucht, das an dem Turm geriſſne Abſpannungsſtück zu faſſen und den 100 m hohen Turm in ſeiner Lage zu halten. In dieſer Weiſe legte ſich dann der untre Turm gegen den Wind langſam über und ſtürzte in dieſer Richtung in langgeſtreckter Lage zur Erde nieder, die Häuſer zwiſchen ſich vollkommen unbeſchädigt laſſend. Selten hat bei einem Unglück größres Glück gewaltet. Nicht die geringſten Beſchädigungen und Verluſte an Menſchenleben waren zu beklagen.

Die Urſache des Einſturzes iſt entweder in dem Zertrümmern der bei dem Sturm ſo hoch beanſpruchten Glaskörper zwiſchen dem oberen und unteren Turm zu ſuchen, oder die fehlende Hilfsabſpannung in der Hauptabſpannung des unteren vorhandenen Turmes hat eine zu große Bewegung des unteren Turmes gegen den oberen zugelaſſen, ſo daß hierdurch die Glaskörper oder der obere Turm zu ſehr durch horizontale Bewegung beanſprucht wurden. Feſtgeſtellt iſt, daß die unterſte Abſpannung des oberen Turmes frühzeitig geriſſen iſt. Durch den entſtandnen Stoß iſt dann wahrſcheinlich der obere Turm eingeknickt und heruntergeſtürzt.

Als Notbehelf wurden auf Vorſchlag von Hein, Lehmann & Co. in Nauen zwei 120 m hohe Rohrmaſte errichtet. Dieſe Maſte wurden auf der Erde liegend zuſammengebaut und in einem Stück mit Hilfe eines 45 m langen Hilfsmaſtes aufgerichtet. Dieſe Maſte, die von

genannter Firma in Höhe bis zu 150 m geliefert und aufgestellt wurden, haben in jeder Weise ihre Schuldigkeit getan und sind nach Fertigstellung der endgültigen Turmkonstruktion und Antenne in gleicher Weise umgelegt und zu Versuchen anderweitig verwendet worden.

Es ist außerordentlich interessant zu sehen, wie die Errichtung eines so hohen Mastes erfolgt. Man baute, wie gesagt, zuerst einen Hilfsmast von 45 m Höhe auf. Am Boden baute man sodann den Rendahlmast zusammen, verband seinen Fußpunkt mit dem des Hilfsmastes fest, steifte sodann die beiden Maste durch Stahl-Seile an mehreren ihrer Punkte auf der ganzen Länge gegeneinander ab und zog nun den Hilfsmast allmählich hernieder, so daß sich dabei der Hauptmast aufrichten mußte. Auf diese Weise wurde der 120 m hohe Turm in senkrechte Stellung gebracht. Da es nicht leicht ist, einen 45 m hohen Hilfsmast aufrecht hinzustellen, benutzte man zu seiner Aufrichtung ehedem in derselben Weise wie bei der des 120-Meter-Mastes einen Hilfsmast von 30 m Höhe. Die Rendahlmasten werden allgemein auf solche Weise errichtet. Sie sind ja Masten ganz leichter Spezialkonstruktion und als drahtlose Antennenträger ausgezeichnet verwendbar. Die Nauener Dauermasten haben diese Konstruktion nicht; diese wird uns vielmehr noch genauer beschäftigen. Die äußeren Masten der Station Eilvese dagegen sind Rendahlkonstruktionen.



Der untere Teil des eingestürzten Nauen-Funkenturms

Einige Wochen nach dem Einsturz entschied sich dann Telefunken für den Wiederaufbau eines neuen Turmes in Höhe von 260 m. Der Entwurf desselben zeigte in seinen Grundprinzipien die gleichen Eigenarten wie der eingestürzte, nur erhielt der untre Turm von 160 m Höhe 2 Abspannungen und der obre ebenfalls 2 Abspannungen und

an der Übergangsstelle ein Zwischengelenk. Diese Konstruktion wies ebenfalls nicht mehr statische Unbestimmtheiten auf als der eingestürzte Turm. Selbstredend ließ die Neukonstruktion eine Anordnung zu, die den statischen Verhältnissen besser entsprach. Telefunken beschloß aber von dem Wiederaufbau einer Schirmantenne abzusehen.

Die neuen Aufgaben, die der Station durch die erfolgreichen Versuche mit der Löschfunkenstation zufielen, und den hohen Mastbau veranlaßt hatten, machten einen Hausneubau erforderlich, während welches der Sendebetrieb in Nauen zur Ruhe kam. Der letzterwähnte Sender wurde nach Sayville auf Long Island bei New York geschickt und gelangte dort zur Aufstellung. Die Atlantic Communication Co., die mit Telefunken in enger Geschäftsverbindung stand, errichtete dort eine große Küstenstation, die zwar selbst nicht nach Nauen senden, wohl aber von dort empfangen konnte. Nauen selbst sollte einen neuen Sender für 100 Kilowatt Antennenleistung erhalten. Von einer besondren Krafterzeugungsanlage konnte abgesehen werden, weil ein Netzanschluß an die Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke in Spandau ermöglicht werden konnte.

Es entstand ein neues Betriebsgebäude, in Backsteinmauerwerk ausgeführt, das sich gegen das vorhandne schon in seinen Abmessungen stark abhob.

Dieses Gebäude, das später in dem großen Erweitrungsbau mit eingeschlossen wurde, enthielt einen Maschinensaal. Hier wurde einer Schaltkammer der Netzstrom von 15 000 Volt und 50 Perioden (Drehstrom) zugeführt und zwar von der Geländegrenze aus auf etwa 400 m durch Kabel. Der Netzstrom wurde auf 130 Volt herabtransformiert und durch 2 Satz Einanker-Umformer in 220 Volt Gleichstrom umgewandelt. Die ganze Anlage war für 300 bis 350 Kilowatt Leistung eingerichtet.

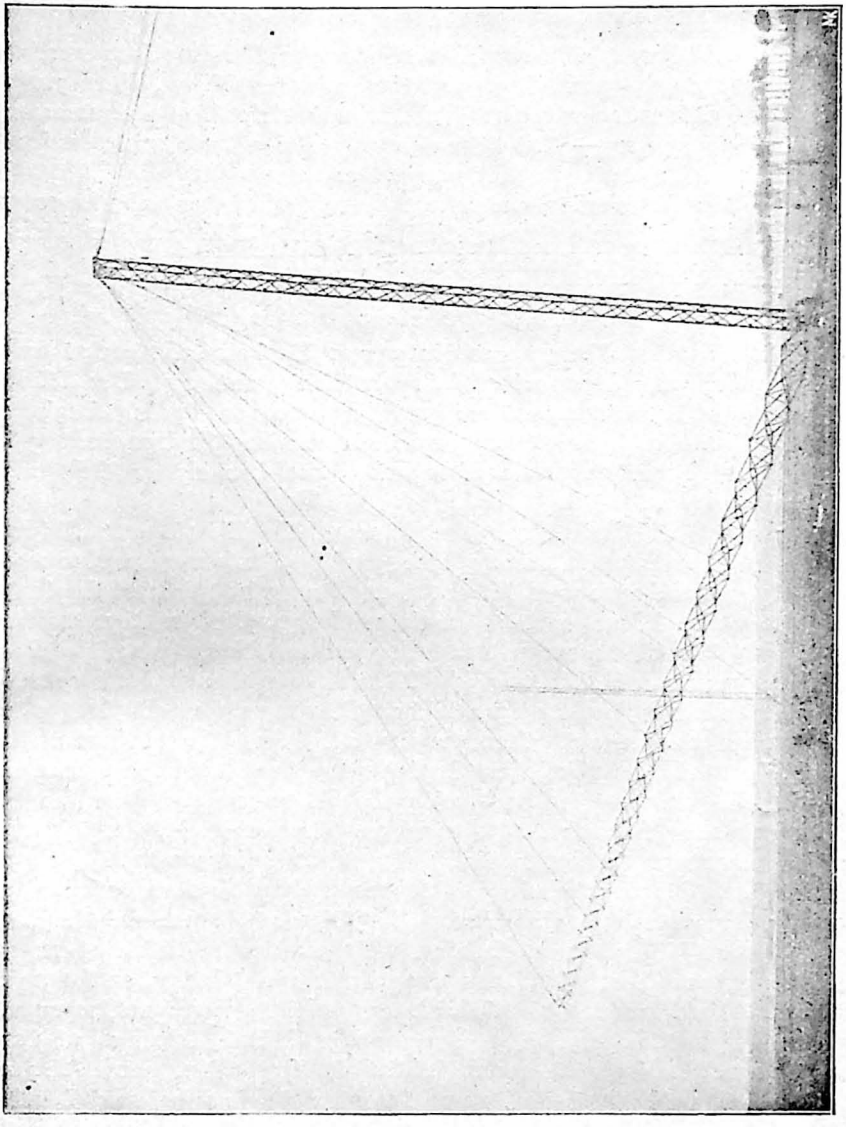
Der Umformer, der den 475 periodigen Wechselstrommotor für den tönenden Sender lieferte, bestand aus einem 300 PS Gleichstrommotor und einem Wechselstromgenerator 250 KVA. Der wichtigste und interessanteste Teil der neuen Anlage diente der Erzeugung der Hochfrequenzenergie.

Hier wurde der 475 periodige Wechselstrom von 1000 Volt durch einen großen Transformator auf 75 000 bis 100 000 Volt umgewandelt. Die Kondensatorbatterie bestand nicht mehr aus Leydener Flaschen wie bei der Knallfunkenanlage, sondern aus besondern technischen Ölkondensatoren in Eisenkästen.

Die Funkenstrecken sind in vier Gestellen in Tischform untergebracht; beim regelmäßigen Betrieb werden nur 75 Funkenstrecken eingeschaltet. Die übrigen bilden teils die Betriebsreserve, teils dienen sie zur Steurung des Funkeneinsatzes.

In hohen Gestellen sind die Selbstinduktionen untergebracht, deren Veränderung von einer Zentralstelle aus möglich ist. Die Wellen-

länge ist zwischen 3000 und 7000 m stufenweise veränderlich. Das Tasten geschieht durch große luftgekühlte Tastrelais mit Serienkon-



Aufrichten eines 120 m hohen Rendahlmasts in Nauen

takten, die den primären Wechselstrom öffnen und schließen. Der Funkenübergang erfolgt trotz der gewaltigen Energie gegenüber der Knallfunkenanlage zwar fast geräuschlos, aber die Relais klopfen jetzt dröhnend, so daß sie den Namen „Nauener Hämmer" erhielten. Der

Empfangsraum erhielt bereits eine umfangreiche Ausrüſtung. Für den Verkehr mit Togo wurde eine ſogenannte L-Antenne mit bevorzugter Strahlung nach Togo errichtet und zwar iſt die Längsachſe nach Togo gerichtet.

Die Verkehrsverſuche gemäß den mit dem Reichspoſtamt vereinbarten Bedingungen nach Togo verliefen zufriedenſtellend. Das große Riſiko, das Telefunken mit dem Bau dieſer Verkehrslinie übernommen hatte, war beſeitigt; — leider machte der Krieg dem grade aufgenommenen gegenſeitigen Verkehr ein Ende.

Die tönende Station dient jetzt hauptſächlich der Abgabe von Zeit- und Wettersignalen ſowie Preſſeberichten. Während des Krieges lagen ihr wichtige Sonderaufgaben ob.

Das deutſche Kolonialnetz

Mit Hilfe von Nauen war ein ganzes Kolonialnetz geplant und zum Teil auch ſchon erbaut, als der Krieg ausbrach. Der Wichtigkeit der Funkenſtationen entſprechend verſuchte vornehmlich England dieſe Stationen in ſeinen Beſitz zu bekommen; das iſt ihm nicht gelungen, denn die Stationen wurden zuvor von der eignen Beſatzung alle zerſtört.

Obwohl Telefunken mit der Marconi-Geſellſchaft gute Beziehungen unterhielt, war dennoch eine gewiſſe Konkurrenz vorhanden, weil dieſe Geſellſchaft von England ſtark unterſtützt wird. England verſuchte natürlich auch in der drahtloſen Telegraphie ein Übergewicht, womöglich das Weltmonopol, zu erlangen, und dazu war die Geſellſchaft Inſtrument. Die engliſche Marconi-Geſellſchaft hatte bereits ſeit Jahren einen funkentelegraphiſchen Dienſt zwiſchen England und Kanada eingerichtet und bemühte ſich auch eine direkte funkentelegraphiſche Verbindung zwiſchen England und den Vereinigten Staaten herzuſtellen, um von hier aus weitre Verbindungen nach dem fernen Oſten und nach Südamerika zu errichten. Um ſelbſt nicht ins Hintertreffen zu geraten, errichtete Telefunken die bereits erwähnte Station in Sayville. Die Vorverſuche zur Erzielung einer direkten Verbindung zwiſchen Nauen und Sayville fanden im Winter 1912 ſtatt und führten im Januar 1913 zu dem Erfolge, daß zum erſten Male Funkentelegramme von Deutſchland nach Amerika übermittelt werden konnten. Nach und nach wurde die Verbindung techniſch ſo vervollkommnet, daß ein funkentelegraphiſcher Verkehr Deutſchland-Amerika möglich war, bevor noch die Marconi-Geſellſchaft ihren Plan, eine direkte Verbindung zwiſchen England und Amerika zu ſchaffen, zur Durchführung gebracht hatte.

Hierbei war jedoch Telefunken nicht ſtehen geblieben, ſondern hatte von der Republik Columbien eine zwanzigjährige funkentelegraphiſche Betriebskonzeſſion erworben und eine Funkenſtation in Cartagena auf eigne Rechnung errichtet und in Betrieb geſetzt. Bei

Ausbruch des Krieges bezog Columbien bereits von der Telefunkenstation Sayville funkentelegraphische Presseberichte, und ein funkentelegraphischer Verkehr Deutschland (Nauen) - Vereinigte Staaten (Sayville) - Südamerika (Cartagena) wäre technisch erreichbar gewesen, wenn die Station Cartagena nicht auf Betreiben der feindlichen Mächte hätte geschlossen werden müssen.

Während die Verbindung Nauen - Sayville vor dem Kriege nur versuchsweise benutzt wurde, trat sie nach Vernichtung der deutschen Kabel und nachdem Deutschland vom direkten telegraphischen Verkehr mit den überseeischen Ländern abgeschnitten war, in den öffentlichen Dienst und leistete bis zum Ausbruch des Krieges mit Amerika den Regierungen und der Geschäftswelt beider Länder hervorragende Dienste. Ein großer Teil des offiziellen Telegrammwechsels zwischen der deutschen Regierung und den ausländischen politischen Vertretern, sowie sehr erhebliche Mengen von Geschäftstelegrammen gingen über die Linie Nauen-Sayville, die sich mit den von der Hochfrequenz-Maschinen-Aktiengesellschaft betriebnen funkentelegraphischen Stationen Eilvese-Tuckerton, welche ebenfalls vom Kriegsbeginn an dem öffentlichen Verkehr verfügbar waren, in den Verkehr teilte.

Maschinensender und Konstruktion von Hochfrequenzmaschinen

In den hier erwähnten Zeitabschnitt 1911/1916 fallen wichtige Versuche, die Telefunken erstmals mit dem neuen Hochfrequenzmaschinen-System des Grafen Arco anstellte. Mit einer kleinen derartigen Anlage wurden Versuche mit drahtloser Telephonie auf größre Entfernungen durchgeführt. Bei 6 Kilowatt in der Antenne erhielt man eine gute Gesprächsübertragung im Juni 1913 mit Wien auf 600 km.

Als Rekordleistung möge noch erwähnt werden, daß ab 12. Juli 1913 mehrere Tage hindurch mit der gleichen kleinen Hochfrequenzmaschine Telegrammtext nach Sayville auf 6400 km gegeben und dort gut aufgenommen wurde. Diese Versuche ermutigten Telefunken zur Aufstellung einer größeren Hochfrequenzmaschinenanlage, und zwar für eine Antennenleistung von etwa 100 Kilowatt.

Die hierzu gebaute Hochfrequenzmaschine fand in dem Maschinensaal der tönenden Station ihren Platz. Der Generator hatte eine Leistung von etwa 150 KVA bei einer Grundperiode von 8000, der Antrieb erfolgte durch direkt gekuppelten Drehstrommotor.

Bei der Telegraphie auf große Entfernungen zeigte sich, daß die bis dahin benutzten nicht sehr langen Wellen in der Atmosphäre starke Absorption erfahren. Wollte man also auf große Entfernungen kommen, so mußte man zu längern Wellen übergehen. Diese ließen sich mit Hilfe der Löschfunken nicht sonderlich gut erzeugen und man griff auf die alten Versuche zurück, die schon gleich bei Erfindung

der drahtlosen Telegraphie auftauchten, nämlich die Benutzung von Wechselstrommaschinen zum Telegraphieren. Die gebräuchlichen Wechselstrommaschinen haben 50 Perioden in der Sekunde. Wollte man diese langsamen Schwingungen verwenden, so hätte man mit Wellen von 6000 km Länge zu arbeiten. Das ist aus mehreren Gründen unmöglich. Nach dem bisherigen Stande der Forschung muß man in den Grenzen bis zu höchstens 20 km bleiben. Die Aufgabe, das mit Maschinen direkt zu erreichen, ist vielfach in Angriff genommen worden, aber die Lösung war immer unzureichend. Sehen wir einmal zu, diese mit Wechselstrommaschinen zu erzeugen.

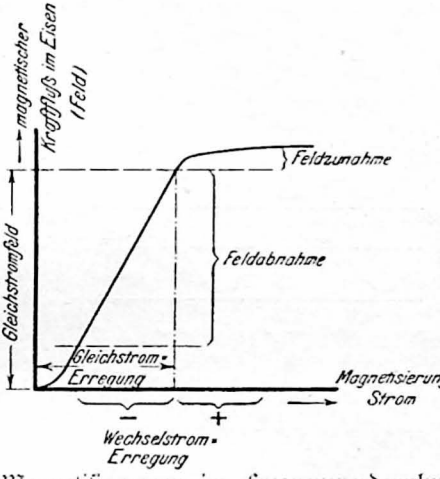
Die gewöhnliche 50-Periodenmaschine ergibt Wellen von 300 000 000 : 50 — 6 000 000 m Länge, die unbrauchbar sind. Um hohe Frequenzen herzustellen, muß man also die Umfangsgeschwindigkeit des rotierenden Teils und die Polteilung so groß wie möglich machen. Mit der Umlaufsgeschwindigkeit ist man bei den modernen Turbodynamos mit 80 m/sec bereits an der Grenze des mechanisch möglichen. Legt man das für eine Hochfrequenzmaschine zu Grunde, so gelangt man mit der Polteilung zu ganz unmöglichen Konstruktionsverhältnissen. Auf die 80 000 mm kommen 30 000 Perioden, also ist die Polteilung $\frac{80\,000}{2 \times 30\,000} = 1{,}33$ mm. Auf diese $1\,^1/_3$ mm müssen Eisen und Wicklung untergebracht werden; sie gehen aber allein schon für die Isolation und Bewicklung drauf. Es nutzt also nichts, die Drehzahl selbst zu verdoppeln. Denn bei den winzigen Abmessungen kann man ja doch keine Leistung erzielen, um so weniger, als die radiale Pollänge, also die Nutentiefe, bei geringer Polbreite nur sehr klein sein kann, weil sonst die magnetische Streuung zu groß werden würde; sie würde im Anker zu großen Verlusten durch Hysteresis und Wirbelströme sowie der Spannung (besonders bei den hohen Frequenzen) führen. Schließlich bedingen kleine Pole außerordentlich geringen Luftzwischenraum zwischen Stator und Rotor, und das ist konstruktiv immer sehr unangenehm.

Das sind die Gründe, weshalb die Versuche, leistungsfähige Hochfrequenzmaschinen zu bauen, so wenig Erfolg gehabt haben, und weshalb Teslas, Alexandersons und andre Hochfrequenzmaschinen so wenig Bedeutung erlangt haben. Teslas Maschine erreicht die notwendigen Frequenzen überhaupt nicht. Und deshalb gewann auch die Hochfrequenzmaschine und die Benutzung der ruhenden Frequenzwandler nach dem System des Grafen von Arco die hohe Bedeutung, denn damit kann man unbegrenzte Energiemengen jedweder Frequenz wirtschaftlich herstellen.

Graf von Arcos Hochfrequenzmaschine

Trotzdem drängte für die Funkentelegraphie die Entwicklung unaufhaltsam auf die Einführung der ungedämpften Wellen, um so

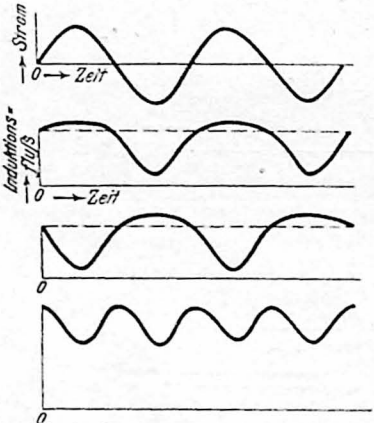
mehr, als dies für den Empfang derselben gleichzeitig neue und sehr vorteilhafte Methoden eröffnete. In dieser Phase der technischen Entwicklung war dem Grafen von Arco, dem ersten Direktor und Chefingenieur der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, einer der größten Erfolge seines Lebens beschieden. Er betraf die Entwicklung der Hochfrequenzmaschine auf Grund des seinerzeit von Jolly für 50 periodigen Wechselstrom angegebnen Verdopplungsprinzips. Für Hochfrequenzerzeugung ungedämpfter Schwingungen kannte man bis dahin außer dem Lichtbogen nur die technisch kompliziertere Wechselstrommaschinenanordnung nach dem System von Goldschmidt. Dadurch, daß Graf Arco mit kühnem Griff das Verdopplungsprinzip in großem Stile von 50 Perioden auf 100000 Perioden übertrug und hier nun alle Vorteile der Resonanz ausnutzte, bekam die sogenannte Frequenzvervielfachung erst ihre technische Bedeutung. Er veranlaßte Dr. Alexander Meißner, im Laboratorium zunächst Versuche mit Wechselstrom von 300 Perioden auszuführen. Diese führten schnell zum weitren Ausbau des Verfahrens und etwa ein Jahr später war die erste Hochfrequenzmaschine fertig, die bei der Grundperiode von 30000 mit zweistufiger Verdopplung einen Hochfrequenzstrom von 120000 Perioden bei etwa 2 KW Leistung hergab. Graf Arco konnte sie gelegentlich des Internationalen Kongresses für drahtlose Telegraphie in London den versammelten Vertretern aller Nationen vorführen. Dieser kleinen ersten Maschine von noch komplizierter Bauart folgten rasch einfachere Typen von immer steigender Leistung, die, in der Station Nauen aufgestellt, dieser zugute kamen.



Magnetisierungen im Frequenzverdopplungstransformator

Bevor wir näher auf diesen Abschnitt in der Entwicklungsperiode Nauens eingehen, muß das Prinzip des Maschinensenders und der Hochfrequenzmaschine besprochen werden. Es ist bekannt, daß man gesättigtes Eisen durch noch so starke magnetisierende Kräfte nur noch wenig stärker magnetisieren kann. Die Sättigungskurve nähert sich asymptotisch einem Grenzwert, und zwar sehr langsam. Sättigt man also einen Transformatorkern und läßt dann einen Wechselstrom auf eine zweite Wicklung wirken, so wird die positive

Phase nur eine schwache Erhöhung der Magnetisierung herbeiführen, während die negative einen starken Abfall des Kraftflusses und damit der Magnetisierung im Eisen bewirkt (s. unten 2. Bild). In unserm 1. Bilde würde die obere Sinuskurve dem Wechselstrom und der durch ihn hervorgerufnen Magnetisierung entsprechen, während in der zweiten die gestrichelte Linie den Gleichstrom und die durch ihn bewirkte magnetische Sättigung darstellen würde. Das Zusammenwirken beider bringt die starke gezeichnete Kurve im Bilde 2 hervor. Würde man den Wechselstrom kommutieren (wenden), so würde sich ein magnetischer Fluß ergeben, der dem dritten Bilde entspräche, und wirken beide zusammen, so würde ein Wechselstrom entstehen, der die doppelte Periode hat. In der Praxis macht man das dadurch, daß man auf das benutzte Transformatorpaar ein drittes Spulenpaar (s. folgendes Bild) setzt, das entgegengesetzt gewickelt ist. Die Resultante der Felder schwingt dann in doppelter Frequenz und die Form dieser Schwingung wird durch das ausgleichende Eisen des Transformators und durch den an dieses dritte Spulenpaar eng angeschlossnen Kondensatorkreis annähernd sinusförmig gemacht.



Prinzip der Frequenzverdoppelung

Wenn man diese ganze Anordnung noch einmal wiederholte, so kann man die Frequenz weiter verdoppeln, ja man kann noch darüber hinaus. Die Telefunken-Hochfrequenzmaschine erzeugt direkt ist, entspricht der Grundfrequenz der Hochfrequenzmaschine eine Wellen-6000 Perioden in der Sekunde. Die ruhenden Frequenztransformatoren vervierfachen diese Zahl auf 24 000. Da

$$\lambda = \frac{c}{N} = \frac{300\,000\,000}{6\,000} = 50\,000 \text{ m}$$

länge von 50 000 m. Bei zweimaliger Frequenzverdopplung (24 000 Perioden in der Sekunde) kommt man also auf 12 500 Meter-Wellen. Diese sind für große Reichweiten vorzüglich geeignet, da sie sich durch atmosphärische und andere Hindernisse nicht so leicht beugen und stören lassen.

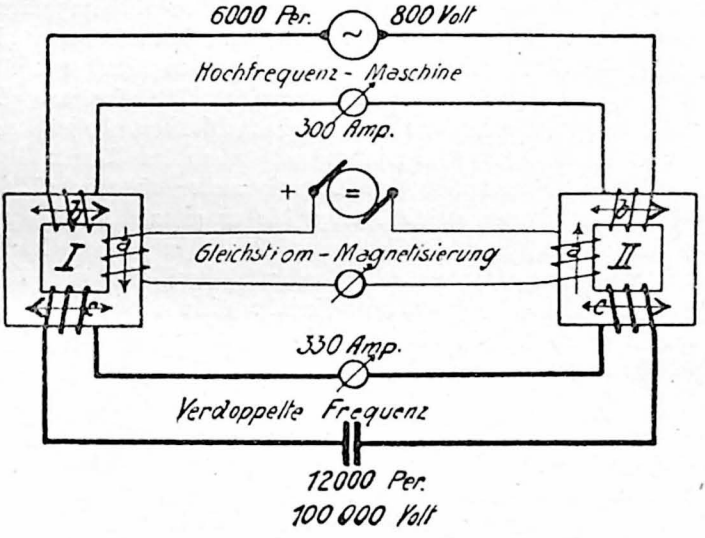
Das Schaltbild für diese Frequenzvervielfachung sieht dann aus wie unser Bild auf der folgenden Seite.

Der Hochfrequenz-Generator ist eine Gleichpol-Induktor-Type, dessen Aufbau mit geöffneten Schutzschildern Bild S. 73 zeigt. Die prinzipielle Konstruktion ist aus den Bildern auf Seite 67 ersichtlich.

Der Rotor ist ein über 7 Tonnen schwerer massiver Stahlguß-Körper von 1,65 m Durchmesser mit eingefrästen Zähnen am Umfang. Bei der normalen Tourenzahl von 1500/min beträgt die Umfangsgeschwindigkeit 130 m/sek. Der Generator gibt dabei 6000 Perioden entsprechend einer Zähnezahl $= \frac{v \cdot 60}{n} = \frac{6000 \cdot 60}{1500} = 240$ und doppelter Nutenzahl $= 480$ (pro Pol eine Nut). Die Nutteilung ist $\frac{1650 \cdot \pi}{480} = 10{,}8$ mm.

Mit diesen Werten läßt sich ein genau so sichrer Generator bauen, wie etwa bei 50 Perioden; der mehr als 4jährige ununterbrochene Betrieb mit dieser Maschine in Nauen ist ohne die geringste Störung und ohne jede Reserve durchgeführt worden. Ein solches Resultat kann kein andrer Hochfrequenz-Sender aufweisen.

< Schaltbild der Frequenz-Verdopplungs-Transformatoren. >



In die Statorbleche oberhalb der Nuten sind Rohrschlangen (Bild S. 73) für Wasserkühlung eingelegt, und außerdem trägt der Rotorkörper noch zwei kräftige Ventilatoren, die Frischluft durch „Hosen" in den Schutzschildern ansaugen und durch eine Öffnung im Gebäude wieder ins Freie drücken; ähnlich wie die bewährte Konstruktion bei rasch laufenden Turbo-Generatoren.

Der Generator liefert bis 450 Volt und 1200 Ampères Hochfrequenzstrom und erreicht maximal nur 35° Über-Temperatur. Eine

ſtundenweiſe 30prozentige Überlaſtung iſt vollkommen unbedenklich. Die Iſolations-Prüfung der Wicklung wurde mit 6000 Volt vorgenommen.

Die Frequenzverdopplungs-Transformatoren

Eins unſrer Bilder (S. 68) zeigt einen Frequenz-Transformator für 400 KW Sekundär-Abgabe, der die Periodenzahl von 12000 auf 24000 erhöht. — Zwei ſolcher Transformatoren-Kerne bilden bekanntlich zuſammen eine Frequenzvervielfachungsſtufe. — Er beſteht aus 0,07 mm dünnen, geſtanzten Eiſenblech-Ringen von zuſammen etwa 36 kg Gewicht, die in dünne Pakete zuſammengepreßt ſind, zwiſchen denen automatiſch eine kräftige Öl-Zirkulation ſtattfindet. Auffallend iſt übrigens die aus den Verhältniſſen ſich ergebende kleine Windungszahl. Dieſer Transformator arbeitet mit ca. 90 Prozent Wirkungsgrad; bei 400 KW Sekundär-Leiſtung ſind das 44 KW Verluſte, die als Wärme abgeleitet werden müſſen. Das iſt ungefähr das Doppelte von dem, was ein 50 Perioden-Transformator von gleicher Leiſtung, aber bei etwa zehnfachen Abmeſſungen abführen muß. Dieſe ſchwierige Aufgabe iſt reſtlos gelöſt worden. Die Frequenz-Transformatoren liegen in einem relativ großen Ölkaſten, deſſen warmes Öl oben von einer Pumpe abgeſaugt und durch im Waſſer liegende Rohrſchlangen wieder unten in den Transformatorkaſten gedrückt wird. Nach 24ſtündigem Dauerbetrieb beträgt die maximale Übertemperatur des Öles etwa 40°. Die Kühlſchlangen liegen in einem Teiche vor dem Stationsgebäude (Seite 21), deſſen Oberfläche zur Wärmeabfuhr genügt, ſo daß Friſch-Waſſer-Zufuhr nicht nötig iſt; mit Ausnahme des Erſatzes der Verdunſtung. Dazu wird in Nauen das verbrauchte Kühlwaſſer des Hochfrequenz-Generators benutzt.

Außer der Primär- und Sekundär-Wicklung befindet ſich noch eine dritte Wicklung auf dem Transformator; nämlich für die Gleichſtrom-Magnetiſierung.

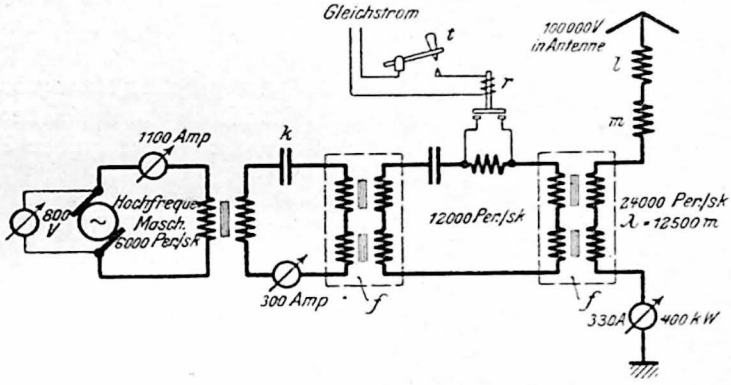
Infolge der geringen Windungszahl wird ein relativ ſtarker Gleichſtrom von etwa 300 Amp. benötigt, um die erforderliche Ampère-Windungszahl zu erhalten; er wird von einer kleinen Niedervolt-Dynamo geliefert. Dieſe muß gegen die Hochfrequenz-Spannungen geſchützt werden, die an den verſchiednen Frequenz-Transformatoren in der Gleichſtrom-Wicklung induziert werden. Das geſchieht durch Einſchalten einer großen Droſſelſpule vor die den Magnetiſierungsſtrom liefernde Dynamo.

Sonſtige Ausrüſtung der Anlage

Die Aufgabe, betriebsſichre und transportfähige Kondenſatoren zu ſchaffen, führte auf folgende Konſtruktion.

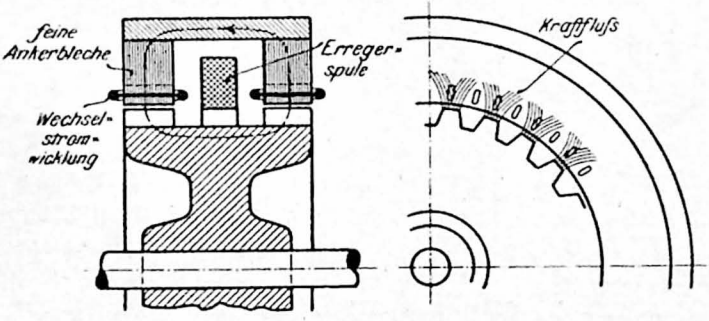
In normale Transformatorenkäſten werden abwechſelnd Zink- und Preßſpahnplatten geſchichtet und das Ganze mit Öl gefüllt. Ein

ſolcher Kondenſator von den Abmeſſungen 800 × 400 × 300 hat 60 cm Kapazität und verträgt eine Dauerlaſt von 150 KVA bei einer maximalen Übertemperatur von 45 Grad. Er entſpricht alſo ebenſo vollſtändig den Vorſchriften des V. D. E. wie die übrigen Teile eines Telefunken-Hochfrequenzſenders. Die Kondenſatoren werden mit 15 000 Volt geprüft und mit ca. 6000 Volt im Betriebe beanſprucht.



t Taſte	*f* Frequenztransformatoren
r Taſtrelais	*m* Variometer
k Kondenſator	*l* Verlängerungsſpule

Schaltung des Telefunken-Hochfrequenzmaſchinenſenders



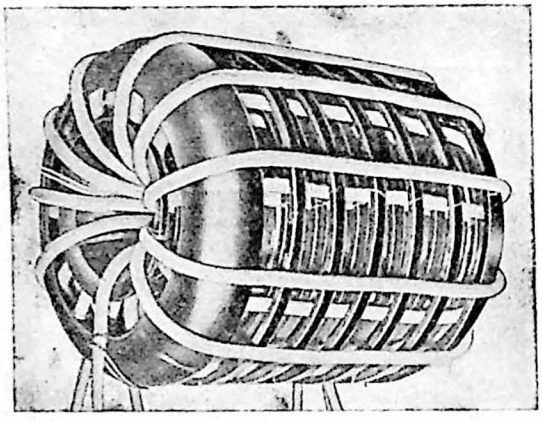
Die Konſtruktion des Hochfrequenzgenerators

Die Antennenverlängerungsſpulen, die den Zweck haben, die reine lineare Ausdehnung der Antennendrähte künſtlich zu verlängern, um mit ſehr langen Wellen arbeiten zu können — die lineare Ausdehnung kann zum Teil wenigſtens auch aufgewickelt verwendet werden und heißt dann gewöhnlich Antennenverlängerungsſpule — haben in Nauen ebenſo wie die Variometer etwa 2 m Durchmeſſer und jede Einzelſpule etwa 150 000 cm Selbſtinduktion; drei ſolcher Spulen ſind immer zu einer Gruppe zuſammengefaßt. Wenn der innre und damit

auch der äußre Durchmesser der Spulen vergrößert wird, kommt man sehr bald an eine Grenze, bei der die wirtschaftliche Herstellungsmöglichkeit in Frage gestellt wird.

Die der Erdung zunächst liegenden Spulen bilden das Variometer. Durch einen Motor angetrieben, laufen Stromabnehmer auf den Kupferbandspiralen und variieren dadurch die Selbstinduktion der zwei gekoppelten Spulen von 0 bis 400 000 cm. Der antreibende Motor ist umsteuerbar und wird durch Druckknopf-Schaltung in Gang gesetzt.

Auch die auf der 42 m langen Marmorschalttafel angebrachten 5poligen Wellenschalter werden durch Druckknopf und Elektromotor gesteuert. Ein Wellenwechsel kann damit in etwa einer halben Minute vorgenommen werden.



Frequenzwandler

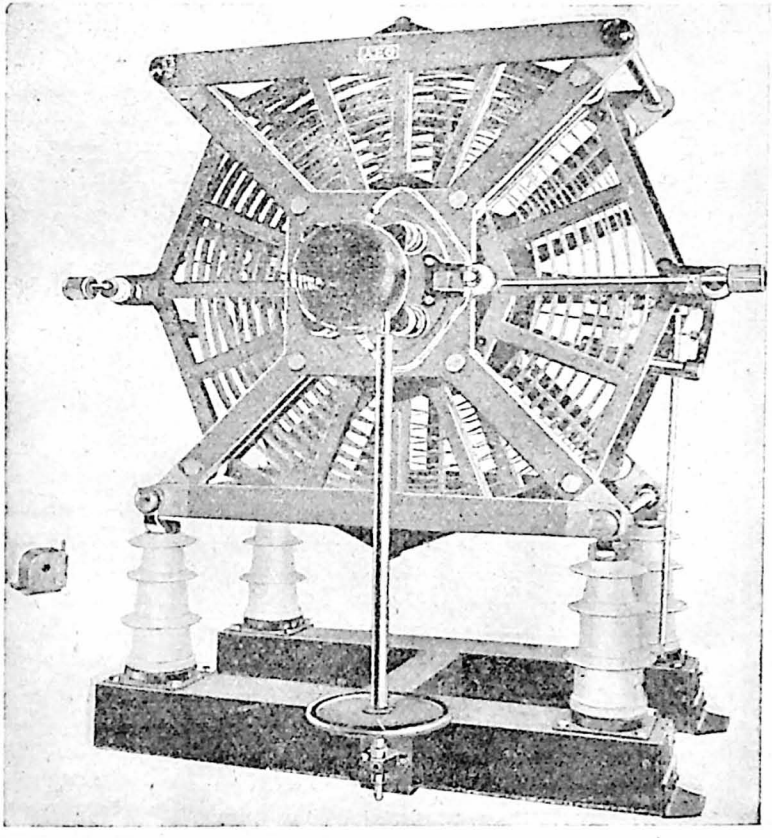
Der Betrieb der Maschinensender-Anlage

Der 400 MK-Sender Nauen arbeitet mit 4 festen Wellen von ungefähr 16,8 12,6 8,4 und 6,5 km. Die Wellen entstehen nach folgender Tabelle:

Grundperiode des Generators 6000 = 50 000 m Welle
nach einmaliger Verdopplung von 6000 auf 12 000 Perioden = 25 000 m Welle;
nach einmaliger Verdreifachung von 6000 auf 18 000 Perioden = 16 670 m Welle;
nach zweimaliger Verdopplung von 6000 auf 12 000 und 24 000 Perioden = 12 500 m Welle;
nach einmaliger Verdopplung plus einmaliger Verdreifachung von 6000 auf 12 000 und 36 000 Perioden = 8335 m Welle;
nach dreimaliger Verdopplung von 6000 auf 12 000, 24 000 auf 48 000 Perioden = 6 250 m Welle.

Da der Hochfrequenz-Umformer nicht mit synchronischer Tourenzahl läuft, werden die Wellen etwas länger als oben angegeben.

Der Wirkungsgrad einer Telefunken-Hochfrequenzstation ist überraschend gut in Anbetracht dessen, daß der Sender im wesentlichen aus Maschinen und Transformatoren für 6000 bis 48 000 Perioden besteht. Die Frequenzsteigerungs-Transformatoren arbeiten im Durch-



Nauener Variometer

schnitt mit 92 bis 80 Prozent Wirkungsgrad je nach der Periodenzahl, nach folgender Tabelle; dabei ist keine intermittierend wirkende Telegraphierbelastung, sondern Dauerbelastung zugrunde gelegt.

Motor-Aufnahme des Hochfrequenz-Umformers leer = 86 kW

Voll-Last = 620 kW		
Antennen-Energie bei		
12 600 m Welle = 410 kW	66 %	
8 400 m Welle = 345 kW		56 %
6 300 m Welle = 330 kW		
		53 %

Bei der Welle von 12 600 m beträgt die Stromstärke in der Antenne etwa 400 Amp., die effektive Spannung in der Antenne 80 000 Volt.

Bei der Welle von 16 800 m würde sie bei gleicher Stromstärke proportional größer sein, also ungefähr 107 000 Volt effektiv. Damit ist die praktisch brauchbare Spannungsgrenze erreicht oder überschritten. Die Behauptung, auch mit 150 000 oder 200 000 Volt arbeiten zu können, ist von verschiednen Seiten aufgestellt worden; aber um in etwa 250 m Höhe bei den in Frage kommenden großen Spannweiten im Winter bei einer bis zu 8 cm starken Eisbelastung des einzelnen Drahtes und evtl. gleichzeitig auftretenden Sturm von vielleicht 30 m/sec keinen Antennenbruch zu riskieren — verbietet sich eben erfahrungsgemäß aus mechanischen Rücksichten eine Isolation über 100 000 Volt effektiv. Die Benutzung sehr großer Wellen beschränkt demnach die maximale Stromstärke in der Antenne, falls man nicht riesige und enorm teure Antennengebilde herstellen will. (Interessant dürfte die Erwähnung der Tatsache sein, daß der cos φ in der Antenne bei den langen Wellen etwa 0,01 beträgt.)

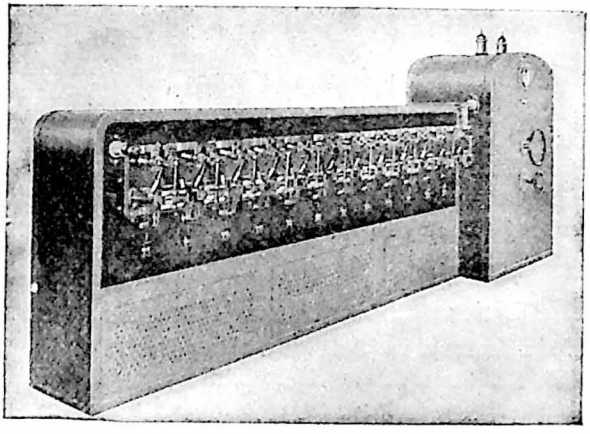
Der Telefunken-Hochfrequenz-Maschinensender wird beim Telegraphieren von Voll-Last auf Leerlauf getastet. Die Steuerung der Relais erfolgt im Telegraphierraum, wo auf Tischen die kleinen Handtasten und Maschinensender der Wheatstoneform stehen. Der tastende Beamte kann seine eigne Arbeit mithören, wozu ein Überlagrer verhilft. Die Tastung geschieht auf Grund von Telegrammen, die aus Berlin oder sonstwo herkommen und nach Nauen durch Hughes-Apparate übermittelt werden. Da die fast überwiegende Zahl der Telegramme in Berlin aufgegeben wird, hatte das Haupttelegraphenamt direkte Leitungen nach Nauen, die die Hughes-Empfänger bedienten. Neuerdings ist diese lästige doppelte Niederschrift dadurch überflüssig geworden, daß eine neueingerichtete Betriebsstelle der Transradio-Gesellschaft in Berlin besteht, so daß das Tasten von dort ausgeschieht. Dieser Stelle werden die aufgegebnen Telegramme vom Haupttelegraphenamt durch Rohrpost übermittelt. In Berlin steuert man also jetzt die Nauener Riesensender.

In Nauen beträgt bei offner Taste die Motoraufnahme 125 KW. bei Strichbelastung 620 KW. Da nun auf einem Morsestreifen die Gesamtlänge der Zeichen zu den Pausen sich ungefähr wie 0,4 : 0,6 verhält, so beträgt die mittlere Motoraufnahme beim Telegraphieren $620 \cdot 0{,}4 + 126 \cdot 0{,}6 = 325$ KW. Nauen sendet also mit einer mittleren Motoraufnahme von 325 KW die Morsezeichen in einer Stärke von 400 KW aus. Für die andern Wellen gilt folgendes: Zeichenst. bei 12 600 m Welle = 410 KW in der Ant. Zeichenst. bei 8400 m Welle = 345 KW in der Ant. Zeichenst. bei 6300 m Welle = 330 KW i. d. Ant.

Die Konstruktion der Tastrelaisanlage für solche große Energien war eine schwierige Aufgabe. Zu tasten sind an dem Tastenwiderstand ca. 320 Amp. und 1900 Volt = 600 KVA. Es dürfte ohne weiteres klar sein, daß mit einem Relais die erforderliche große Geschwindigkeit nicht erreicht werden kann. Aus diesem Grunde wurden relativ kleine Relais gebaut und eine Anzahl davon in Serie geschaltet. Dieses Schalten von Relais wird den Laien überraschen; es ist technisch eine sehr interessante Maßnahme.

Ein Bild zeigt den Aufbau der Tastrelais, die mit einer Geschwindigkeit von etwa 80 Wörtern in der Minute arbeiten. Da ein Wort im Durchschnitt zu 5 Buchstaben und ein Buchstabe zu 3 Zeichen gerechnet wird, so ergibt sich eine sekundliche Unterbrecherzahl von

$$\frac{80 \cdot 5 \cdot 3}{60} = 20.$$



Tastschalteranlage der Station Nauen von hinten gesehen

Dabei arbeiten die Relais praktisch funkenfrei. Kurze Zeit vor Abbruch des Amerika-Verkehrs Nauen—Sayville wurde bereits öfters von Nauen schnell gegeben, und die Gegenstation Sayville hat in einer Stunde mit Tempo = 50 Wörter/Minute = 3000 Wörter/Stunde fehlerfrei empfangen.

Durch einen Zentrifugalventilator von etwa ¼ PS und 500 mm Druck Wassersäule wird Luft zwischen die Kontakte der Tastrelais geblasen, wodurch eine Funkenbildung und unzulässige Erwärmung vollkommen vermieden wird. Die Kupferkontakte von je 50 g sind auswechselbar, dies ist nach 3 bis 4wöchigem Verkehr erforderlich. Dieser minimale Verschleiß ist übrigens mit Ausnahme der Lagerschalen usw. von rotierenden Teilen der Anlage der einzige, der bei dem Maschinensender auftritt. Dazu soll bemerkt werden, daß der Telefunken-Hochfrequenzumformer für 400 KW Antennenenergie über

4 Jahre ununterbrochen lief, ohne daß die Lager auch nur ein einziges Mal geöffnet zu werden brauchten.

Die relativ scharfe Resonanzkurve in der Antenne zwingt zur Einhaltung einer möglichst konstanten Tourenzahl. Das hat für den Telegraphenbetrieb große Bedeutung. Welche Mittel dazu angewendet wurden das zu erreichen, hier auszuführen, wäre ebenso interessant wie weitläufig; wir müssen darauf verzichten. Telefunken hat an gelieferten Hochfrequenzstationen bereits solche automatischen Tourenregulierungen ausgeführt, und zwar mit dem Erfolge, daß z. B. die maximale Tourenänderung zwischen Vollast und Leerlauf bei einem 60 KW Hochfrequenzumformer von 3000 Touren nur noch 5 Touren beträgt, das sind 0,18 Prozent. Es mag nur bemerkt werden, daß der primäre Anstoß zur Einleitung der Regulierung von der Tourenänderung des zu regulierenden Motors selbst ausgehen muß. Der Telefunkenregulator wirkt schon bei 0,01% Tourenänderung!

Interessant zu erwähnen ist schließlich, daß alle angewendeten Teile sonst Normalien der 50periodigen Starkstromtechnik sind. Nur die großen Hochfrequenz-Ampèremeter von $^3/_4$ m Durchmesser weichen von den üblichen Instrumenten ab, ebenso die spezifischen Hochfrequenzapparate.

Auf dem Bilde, das die gesamte Maschinenanlage im Modell zeigt (S. 75), erkennt man, daß zwei große Hochfrequenztransformatoren aufgestellt werden. Wie das Ganze in Wirklichkeit aussieht, zeigte schon ein früheres Bild (S. 25).

Die Vorteile der Arcoschen Methode

Die Telefunkenmaschine hat gegenüber der Goldschmidt-Maschine den großen Vorteil verhältnismäßig niedriger Grundfrequenz. Die Periodensteigerungen geschehen außerhalb der Maschine in den Frequenzwandlern, wobei aber die Steigerung der Frequenzen nicht wie bei der Goldschmidt-Maschine in arithmetischer, sondern in geometrischer Reihe erfolgt. Das ist theoretisch sicher höherstehend, denn es ist anzunehmen, daß es wirtschaftlicher ist, eine geometrische Steigerung mit einer Vorrichtung zu erreichen, als eine arithmetische, weil die Verluste dabei an sich kleiner sein müssen. Bei der Goldschmidt-Maschine ist daher auch die Reichhaltigkeit der Wellenskala nicht so groß, wie bei der Arco-Maschine, die in dieser Beziehung die Funken-, Bogenlampen- und Röhrensender erreicht oder ihnen näherkommt. Denn die mehrstufigen Transformatoren können nach Wahl drei oder mehr Wellen, und zwar bis zur Ausdehnung auf eine oder zwei Oktaven zur Anwendung kommen. Dabei wird der Generator stets bei konstanter Tourenzahl voll ausgenutzt.

Die Möglichkeit einer größern Wellenveränderung ist deshalb von Vorteil, weil die Maschine den Tages- und Nachtbedingungen besser entgegenkommt, als die andern Maschinen. Wenn z. B. die Be-

nutzung der drahtlosen Telegraphie, wie anzunehmen ist, sich noch stärker ausbreitet, so wird die Rücksicht auf größtmögliche Störungs-

Der 1000 PS-Hochfrequenzgenerator, Schutzschild abgenommen

freiheit, die immer mehr in den Vordergrund tritt, je mehr Großstationen in einem Lande erbaut werden, dazu führen, die Großstationen immer dichter aneinander zu legen. Die zahlreichen Empfangsanlagen, die zu einer modernen, nach verschiednen Richtungen ar-

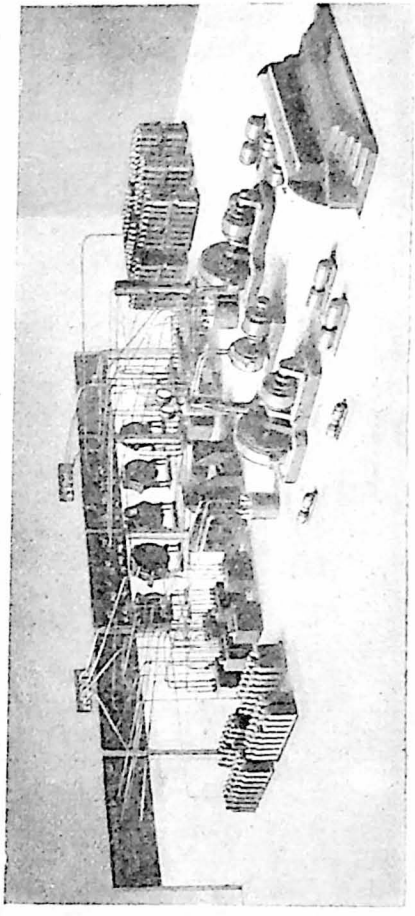
beitenden Großstation gehören, führen notwendigerweise zu einer Konzentration der Sender. Um diese Senderanlagen möglichst auszunutzen, werden sie nach Meinung des Grafen von Arco mit gemeinsamen Antennen ausgerüstet werden, die mit Hochfrequenzleistungen verschiedner Perioden gleichzeitig aufgeladen werden. Jede dieser Leistungen werde dabei gesondert und unabhängig von der andern getastet werden. In solchem Falle bieten die statischen Frequenzwandler, wie sie Telefunken benutzt, die Möglichkeit, aus ein und derselben Hochfrequenzanlage entweder ein und derselben Antenne, oder getrennten aber nahe benachbart angeordneten Antennen Hochfrequenzleistung verschiedner Perioden zuzuführen und eine Sendeanlage herzustellen, bei der aus einer großen Maschinenanlage gleichzeitig so und so viele Sender gespeist werden. Bei solcher Anordnung der Sender wird man schon aus organisatorischen Gründen auf den Wellenbereich unter 12 km nicht verzichten können, und dann ist schon deshalb wieder ein Transformator unvermeidlich.

Vorrichtung zur Erzielung ganz gleichförmiger Wellen

Mit der weitern Ausbreitung der drahtlosen Telegraphie werden immer mehr Wellen in den Bereich der praktischen Benutzung gezogen. Es kommt daher leicht vor, daß dieselben Wellen von verschiednen Stationen benutzt werden und diese sich so ins Gehege kommen. Es ist eine Frage der Organisation, diesem Übelstande abzuhelfen. Aber jede Welle wird nicht nur bei ihrer genauen Länge aufgenommen, sondern es bleibt noch ein Spielraum, der ein wenig Schwankungen gestattet. Das ist aus technischen Gründen nicht anders möglich. Dennoch kommen sich die Wellen dabei schon leicht ins Gehege, besonders, wenn die Tourenzahlen der Maschinen schwanken und so Abweichungen von den genauen Wellenlängen herbeiführen. Es ist daher seit Jahren ein Problem, dafür zu sorgen, daß diese Mißstände durch möglichst absolute Gleichförmigkeit des Ganges der Maschine beseitigt werden. Die Einrichtungen der Ausschaltungen fremder Störer sind sonst auch nutzlos. Bisher begnügte man sich damit, eine Gleichförmigkeit der Tourenzahl bis zu $^1/_{10}$% zu erzielen. Heut erscheint diese Genauigkeit kaum noch ausreichend, besonders wenn an der Empfangs- oder gar an der Sendestelle eine Vereinigung oder Zerlegung in mehrere Antennen mit phasenverschobnen Strömen vorgenommen wird.

Die hochselektiven Empfangseinrichtungen der modernen Großstationen können also nur dann völlig ausgenutzt werden, wenn die Senderwelle die größte Gleichförmigkeit besitzt. Die mit den Leistungsschwankungen des Umformersatzes parallel gehenden Schwankungen der Hochfrequenz beim Tasten von Voll auf Leer müssen ebenso wie die Frequenzschwankungen des Netzes restlos ausgeglichen werden, wenn in der Praxis die Vorteile der ungedämpften Maschinensender gegen-

über andern Systemen voll zur Geltung kommen sollen. In Nauen hat man Jahre lang daran gearbeitet, eine Methode ausfindig zu machen, die solchen Ausgleich ermöglicht, und es ist gelungen, sie herzustellen. Sie hat sich in der Praxis ausgezeichnet bewährt. Zum Ausgleich der Belastungsschwankungen beim Tasten sind hierbei Widerstände in den Rotor eingeschaltet, die so abgeglichen sind, daß die Umdrehungszahl bei offner und geschlossner Taste dieselbe bleibt.



Modell der gesamten Maschinenanlage der Großstation Nauen

Um die bei Überlandnetzen unvermeidlichen Frequenzschwankungen im Netz auszugleichen, ist nach den Patenten von Siemens & Halske eine hochempfindliche Differentialanordnung geschaffen worden, die aus zwei Glühkathodenröhren besteht, deren Anodenströme auf ein polarisiertes Relais wirken. Wenn die Periodenzahl des von der Hochfrequenzmaschine gelieferten Wechselstroms genau der Resonanzlage eines gegebnen normalen Schwingungskreises gleich ist, so ist der Strom zwischen den Röhren, der auf das Relais wirkt, gleich Null. Bei Abweichung der Periodenzahl nach oben oder unten tritt dagegen ein Strom auf, und zwar — je nach der Abweichung — ein solcher von entgegengesetzter Richtung. Das verwandte Prinzip beruht auf der physikalischen Tatsache des „Phasensprungs", der jedesmal zwischen der Spannung und dem Strom in einem Resonanzkreis auftritt, wenn die aufgedrückten Schwingungen um ganz wenig nach oben oder unten von der Resonanzlage abweichen. Diese Methode ist so empfindlich, daß Abweichungen von nur einem Zehntel vom Tausend (!) eine sichre Relaisbetätigung herbeiführen. Das polarisierte Relais beeinflußt dann mittels eines Zwischenrelais den Gleichstrom einer in die Drehstromzuleitung des Stators eingeschalteten Drossel,

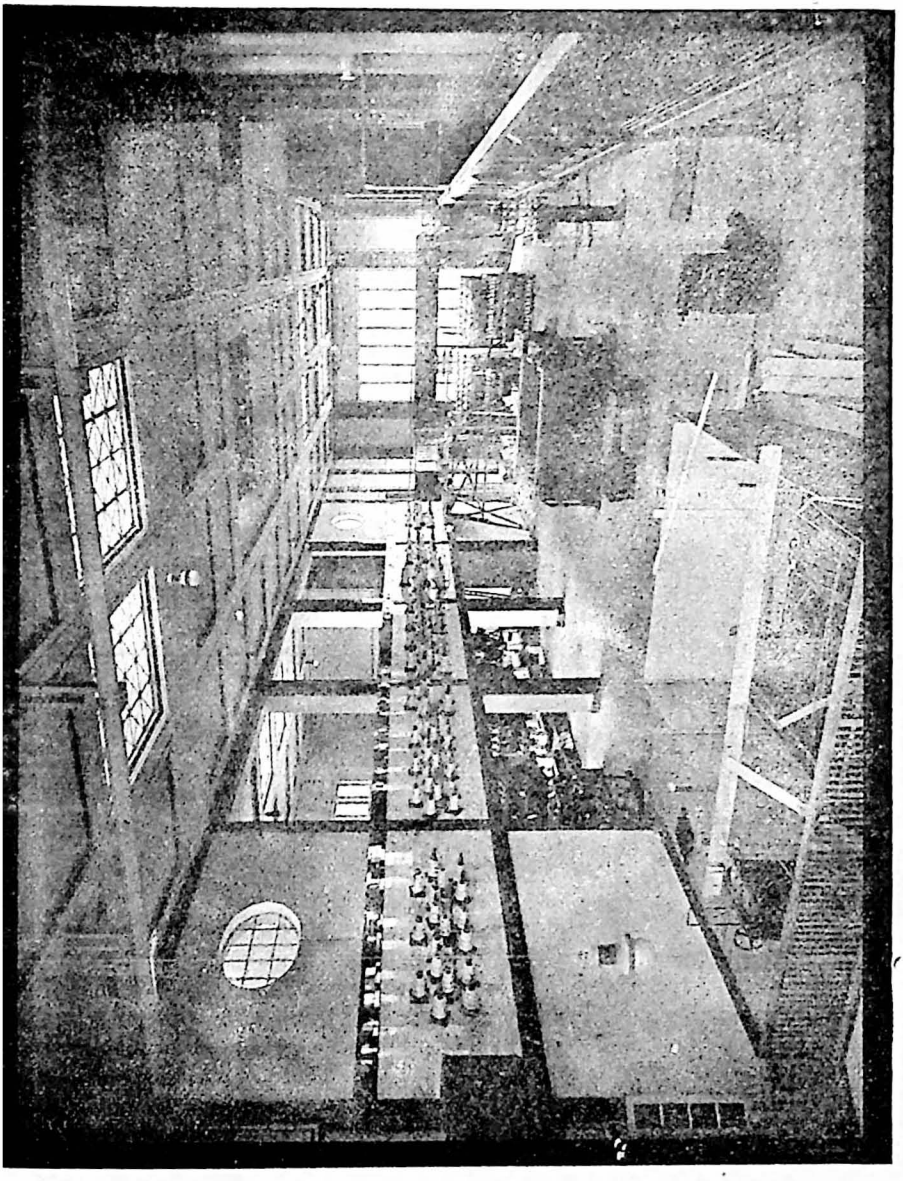
wodurch eine Verringerung der Umlaufszahl eintritt, sobald der Gleichstrom geschwächt wird und umgekehrt. Die Konstanz der so regulierten Welle von Nauen ist so gut, daß Wellenschwankungen in dem nur 30 km entfernten Geltow selbst mit den empfindlichen dortigen Selektionsmitteln nur ausnahmsweise wahrgenommen werden können.

Der Monumentalbau der Station Nauen

Die Nauener Großstation ist eine Welt für sich. Wenn man von Berlin kommend auf der Bahnstrecke die letzten diese säumenden Waldstreifen hinter sich gelassen hat, tauchen nordwestlich über dem Walde die Riesennadeln auf, die der ganzen Station das Gepräge geben. Von allen hohen Aussichtstürmen Groß-Berlins aus sind sie sichtbar, trotz der großen Entfernungen. Wie spitze Nadeln pieken die neun Funkentürme in die Wolken. Zwei von ihnen ragen ganz besonders hoch in die Luft. Aber weiter schaut nichts aus dem Walde empor, der sich zwischen die Bahnlinie und die Funkenstation schiebt. — Eine kräftige Marschstunde auf baumgesäumter Landstraße, die schnurstracks die Bahn- und die Funkenstation verbindet, liegt zwischen beiden. — Doch lange verdeckt der Wald die Aussicht, bis man plötzlich der Anlage gegenübersteht, die sich weit und breit hinzieht und drei Quadratkilometer bedeckt. — Auch ein Haus steht darin. Aber kein Wohnhaus! Auch kein Fabrikgebäude! Man möchte es viel eher für ein Theater halten, wenn nicht das ganze Milieu auf etwas ganz andres hindeutete. Die Strenge seines Aufbaus und des Baustoffs fällt schon aus der Ferne auf. Auf die Ungewöhnlichkeit seiner Bestimmung deuten auch die merkwürdigen Aufbauten und Anlagen in seiner Umgebung hin, die mit ihm unzweifelhaft zusammenhängen, ja, die sogar das Herz des Ganzen zu sein scheinen. Denn zu dem Haus selbst läuft oben eine Menge Drähte zusammen, die von den turmhohen Gittermasten getragen werden. Ein gewaltiges Drahtgewirr verbindet die Türme miteinander und mit der Mutter Erde, mit der sie sogar allzu nahe Berührung vermeiden zu scheinen wollen, denn sie stehen nur mit Spitzen darauf und haben im Gegensatz zu dem bloß 40 m höhern Eiffelturm keine Beine, mit denen sie sich sonst noch irgendwo stützen könnten. Ihr Halt sind die Drähte, die von der Mitte und von der Spitze wie Zeltseile zum Boden hinabgehen und hier gewöhnlich in zahlreichen kleinen Häuschen verdächtiger Bestimmung enden, die aber keine Türen haben und deren Zweck nun doch wieder rätselhaft erscheint.

Nähert man sich dem Ganzen, so wachsen alle Ausmaße ins Riesenhafte. Die Türme erscheinen immer höher, die Halteseile werden zu dicken Tauen und die kleinen rätselhaften Häuschen zu respektablen Mauerklötzen, die nur deshalb so hausartigen Eindruck machen, weil sie hausähnlich abgedeckt sind. Die Riesennadeln sind 260 m hohe Gittermaste, die als Antennenträger der Großstation Nauen

dienen. Nicht die Halteseile an ihnen sind für den Zweck der Station das wesentliche, sondern die von ihnen getragnen feinen Drähte, die



Die 12 m lange Schalttafel im großen Maschinensaal der Station Nauen

eigentliche „Antenne", die die Aufgabe haben, die von den Erzeugern der elektrischen Schwingungen im Innern des Gebäudes erregten elek-

triſchen Wellen in die Erdatmoſphäre hinauszuſtrahlen, um mit ihnen den die Erde umgebenden Weltäther zu durchſchüttern und andern Stationen die jedem Mitteleuropäer bekannten Morſezeichen des telegraphiſchen Alphabets zu übermitteln.

Wie man die techniſchen Einrichtungen in größter Vollendung ausgeführt hat, ſo hat man aber auch dem Stations-Gebäude ſelbſt eine Sorgfalt angedeihen laſſen, die die Erwartungen übertroffen hat. Es iſt ein herrlicher Bau, den Hermann Muthesius dorthin geſetzt hat. Er vereinigt die erſte Grundfordrung eines ſolchen Zweckbaues, nämlich die Zweckmäßigkeit, mit den architektoniſchen Fordrungen der Schönheit, und den allgemeinen Grundſatz der Harmonie der Bedeutung und Beſtimmung des Gebäudes mit ſeiner Ausführung aufs glücklichſte. Die überkommnen Architekturformen ſind gänzlich verbannt. Nichts erinnert an Gothik oder die Antike, nicht einmal an irgendwelche Gebäude andrer Zweckbeſtimmung; das Ganze hat ein rein ingenieurmäßiges Gepräge. Die architektoniſche Gliedrung iſt rein aus den Fordrungen hervorgegangen, die die zu ſchaffenden Räume ſtellten, obwohl der Architekt erſt hinzugeholt worden iſt, nachdem manches ſchon unabwendbar feſtgelegt war.

Die große Maſchinenhalle, der erforderliche Hauptraum, gliedert ſich in ein Längs- und ein Querſchiff, und dieſe Anordnung war wieder durch die rieſige 36 m lange Schalttafel bedingt. Dieſe beiden ſich kreuzenden Hallen erhielten an der Durchdringungsſtelle eine architektoniſche Betonung, und dieſe „Vierung“ wurde zur Einführung der Antenne benutzt. Die Ausbildung dieſes hervorgehobnen Bauteils ergab für die Geſamtform die des Kaſtens, alſo die einfachſt mögliche. So erwünſcht das iſt — iſt es doch für die Raumgewinnung die günſtigſte Geſtalt — ſcheitern doch viele Architekten an der künſtleriſchen Ausgeſtaltung dieſer Architekturform. Muthesius löſte ſie der Hauptſache nach durch die Wahl des Bauſtoffs, der ſich ſowohl dem Landſchaftsbilde einfügte, wie auch dem Zweck völlig gerecht wurde. Der Bau iſt ganz in hartgebranntem Backſtein ausgeführt. Dunkle halbgeſinterte Oldenburger Klinker kleinen Formats, wie ſie aus dem Ofen gekommen, ſind zu dem wunderbaren Bau gefügt worden. Die Verſchiedenartigkeit der einzelnen Steine, die teils matt, teils ſchwach glänzend ſind, und deren Farbe von einem tiefen Lilabraun bis in ein ſattes Rot hineinwechſelt, gibt der großen ungegliederten Fläche einen eigenartigen ſchillernden Reiz, der die Fläche in ihrer Ungegliedertheit rechtfertigt. Die Schlichtheit der Fläche und die Herbheit des Materials verleihen dem Bau einen Anſtrich von Größe, der durch die Farbe und die trotz der atomiſierten Abwechſlung dennoch harmoniſche Einebnung der einzelnen Steinoberflächen erwärmt und von Kraft durchglüht wird. Der Kaſten wird oben nicht durch ein ſchirmendes Dachgeſims abgeſchloſſen und betont, ſondern die Mauern treten zurück und tragen nicht wenig zur Geſchloſſenheit des Ausſehens

bei. So behauptet der ſich breit hinlagernde gewaltige Baukörper in der endloſen völlig flachen Ebne neben den bis zu 260 m hohen gewaltigen Eiſentürmen und inmitten des verwirrenden Draht- und Seilgeäſts ſeinen Platz und übt auf den Beſchauer einen gewaltigen Geſamteindruck aus.

Das Bauwerk iſt von nicht zu unterſchätzender Größe. Die Längshalle hat 20 m Spannweite bei 40 m Länge, die Querhalle 14 m Spannweite bei 53 m Länge. Wucht und Würde eines ſolchen Blocks bleibt durch die Gliedrung und den folgerichtigen Zuſchnitt der Maſſen erhalten. Nirgends iſt für das Mauerwerk ein andrer Stoff verwendet als die Klinker. Nicht einmal ein Formſtein! Kein Hauptgeſims, kein Pfeiler, keine Säule, kein Ornament iſt angebracht. Eine kleine zahnſchnittartige Verzierung um die Fenſter iſt durch einfaches Zurück- und Herausrücken der gewöhnlichen Steine erreicht. Es iſt ganz allein die Form, die hier wirkt, und Form koſtet nichts, ſie iſt ein rein geiſtiger Zutrag. Der einzige Schmuck des Gebäudes befindet ſich an der Vorderfront in dem Giebeldreieck, eine Art plaſtiſche Vignette von Prof. Peterich. Zwei Männer, die die Weltkugel umſpannen, ſollen Sinnbild der ſpielenden Überwindung von Raum und Zeit ſein, die die drahtloſe Telegraphie gebracht hat. Unter dem Giebeldreieck befindet ſich die Schrift in großen vergoldeten Verſalien, die hier als Ziermittel eine wichtige künſtleriſche Aufgabe erfüllt.

Der Eingang und eine Auffahrt befinden ſich an der Vorderfront. Vom Tor führt ein breiter Weg auf das Hauptgebäude hin, an deſſen Ende ſich zunächſt ein großer Teich ausbreitet. Das techniſche Erfordernis, das Öl der Transformatoren zu kühlen, hat hier dazu geführt, dem Gebäude einen künſtleriſchen Auftakt zu geben, indem das große Waſſerbecken, das die Kühlſchlangen aufnimmt, vor den Kopfbau des Hauſes gelegt und mit dieſem in architektoniſche Verbindung gebracht iſt.

Die Vorderfront des Gebäudes iſt die einzige Seite, die eine ſchärfer betonte Ausbildung erfahren hat. Eine große Fenſtergruppe iſt das Hauptmittel der Geſtaltung. Über den ganzen Kopfbau legt ſich jedoch quer der ſchon erwähnte Giebel, der links und rechts von den Endungen zweier turmartiger Gebilde eingefaßt wird, in denen die zwei Haupttreppen des Gebäudes liegen, die bis über das Dach führen.

So eindrucksvoll ſich auch die Front mit dem Eingang und der Auffahrt präſentiert, möchte ich doch ſagen, daß der ganze Bauſtil ſeinen impoſanteſten Ausdruck in dem linken Seitenbau mit dem großen Fenſter findet. Ausgedehnte Fenſter ſind gewöhnlich flache und deshalb öde Architekturteile. Aber dieſe ſieben ſchmalen hohen Fenſter, die nur durch ſteinſtarke Eiſenen getrennt ſind, faßt ein Rahmen aus quer und diagonal geſtellten Ziegeln zu einem ſtraffen lichtgebenden Gebilde höchſter künſtleriſcher Zucht zuſammen, das dem ge-

waltigen Seitenblock des Stationsgebäudes plastisches Leben verleiht. Das in dem untern Teil dieses Seitenbaues stehende Tor erhöht durch seine spartanische Einfachheit den architektonischen Eindruck der Fassade.

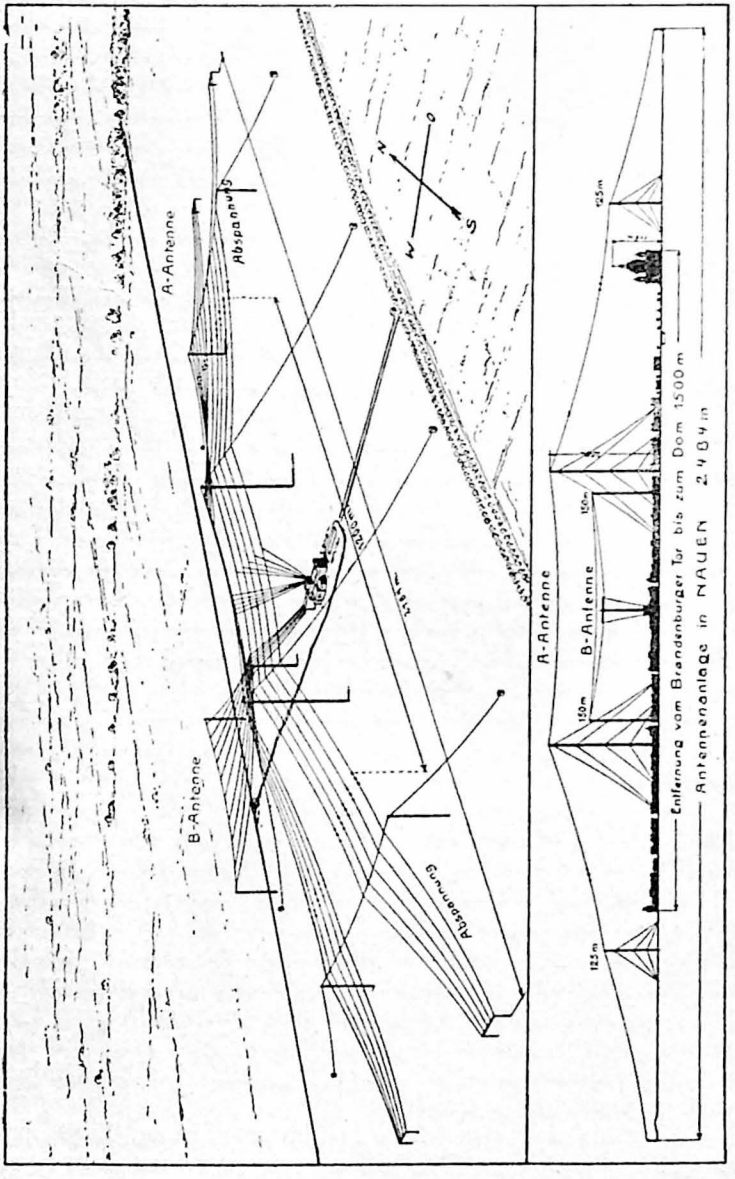
Die große Fenstergruppe der Vorderfront ist mit Kathedralglas geschlossen, um dem dahinter liegenden Empfangsraume ein gedämpftes Licht zuzuführen. Dieser Raum soll u. a. auch, dem Nebenzweck Amens als Musteranlage entsprechend, für die Veranstaltung erläuternder Vorträge dienen. Zu diesem Zweck ist eine Kinematographeneinrichtung vorgesehen. Die Decke dieser Halle hat eine gewölbte Form erhalten. Seitlich sind Emporen vorgesehen, die bei größern Vorführungen eine vermehrte Zahl Besucher fassen können.

Von dem Vorraum aus kann die große Maschinenhalle sogleich durch einen die ganze Wand einnehmenden Glasabschluß überblickt werden. Wie schon erwähnt, gliedert sich diese in ein Längs- und ein Querschiff, in deren Decke die Dachkonstruktion nicht sichtbar ist. Die wagrechte Decke ist in schlichter Weise in Kasetten gegliedert, von denen ein Teil die Oberlichter für die Beleuchtung des Mittelteils der Halle enthält. Im übrigen wird die Halle durch seitliche Fenster und durch zwei ganz große Fenstergruppen in den beiden Querschiffgiebeln hinreichend beleuchtet. — Von den erwähnten Emporen des Vortragssaals aus führen Zugänge zu einem die ganze Maschinenhalle in halber Höhe umlaufenden Balkongang, von dem aus der Besucher die ganze Halle, in der gefahrbringende Ströme pulsieren, überschauen kann. Dieser Galeriegang gliedert die Wände in der Wagrechten auf das Wirkungsvollste, während sich aus der statisch begründeten Hereinziehung tragender Wandpfeiler, die aus denselben dunkelbraunen Ziegelsteinen aufgemauert wurden, in denen die Außenseiten des Gebäudes gehalten sind, eine senkrechte Teilung ergibt. Die schachbrettartig verlegten Fliesen des Fußbodenbelags finden ihre Farbengebung in der Wandausbildung begründet.

Die Maschinenhalle ist reichlich weiträumig angelegt. Man könnte die Maschinen und Apparaturen schon in wesentlich beschränkterm Raume reichlich unterbringen, aber das Ganze ist zugleich auch als Demonstrationsobjekt für den Besucher eingerichtet. In der Maschinenhalle ist der vordre Teil des großen Längsschiffes für die Hochfrequenzmaschinen bestimmt, während die Querschiffe und der hinter der Schalttafel liegende Teil des Längsschiffs zur Aufstellung der Variometer und andrer Geräte und Maschinen dienen. In der Kreuzung liegt ein großes herausgehobnes Schaltpult, von dem alle Teile der Halle überblickt werden können. Die mächtige Schalttafel ist ein Großbauwerk für sich. Sie ist ganz in Marmor gebaut und hat eine Einrahmung von schwarzem Marmor, die sich in dem gemauerten Traggestell der ganzen Anlage nach oben und unten fortsetzt. — Die Weiträumigkeit des Gebäudes mag darin eine Begründung finden, daß man im Voraus nie wissen kann, was darin noch einmal wird untergebracht werden müssen.

Die Antennenanlage

Von imposanter Wirkung ist die große Antennenanlage, die der Nauener Station ihr Gepräge gibt. Trotz der Riesenabmessungen



Antennenanlage der Großstation Nauen.

des Gebäudes erscheint das doch winzig gegen die ungeheuren Türme, die die Antennen tragen (Bild Seite 19). Als wegen der Unzuläng-

lichkeit der bisherigen Mittel die Anlage für 400 KW Antennenleistung und einer zweiten für 150 KW beschlossen war, die die bisherige provisorische ersetzen sollte, mußte eine Antenne mit einer Kapazität von rund 30 000 cm mit großer wirksamer Höhe geschaffen werden. Unter Benutzung der Maste der bisherigen Antenne entstand durch Hinzufügung eines weitern 260 m hohen Mastes und zweier Türme die sogenannte A-Antenne. Senkrecht dazu wurde für den zweiten Sender die B-Antenne in Form einer Dreieck-Antenne errichtet. Namentlich die erste A-Antenne bekam ungeheure Ausdehnung. Die B-Antenne ist eine Dreieckantenne, deren größte Ausdehnung 300 m beträgt.

Die große sogenannte A-Antenne wird von sechs Türmen gegangen, und zwar zwei 250 m-Türmen, vier 120 m-Türmen, zwei Abspannungen mit Flaschenzugeinrichtung und 20 Abspannmasten.

Die 260 m-Masten haben je 360 Tonnen Eigengewicht, der Druck auf die Gründung beträgt aber je 800 Tonnen. Der 260 m-Turmmast ist in Gitterkonstruktion hergestellt und besteht aus zwei Teilen: Einem stärkren 150 m hohen untren Teil mit dem Querschnitt eines gleichseitigen Dreiecks von 6,5 m Seitenlänge und einem 100 m hohen schwächer ausgeführten obren Teil. Der ganze Turm steht auf einem mit Kugelgelenk versehenen T Verteilungsträger. Der Verteilungsträger ruht auf 24 Säulen von je 4 aufeinander gestellten Porzellankörpern, die an drei Stellen des Trägers in kreisförmiger Anordnung aufgebaut sind und so die Eisenmaste des Turms vom Fundament bzw. Erde isolieren. Das Fundament ist aus einem 2 m tiefen Eisenbetonklotz hergestellt. Er wiegt allein 160 t. Die beiden Turmteile sind ebenfalls voneinander isoliert.

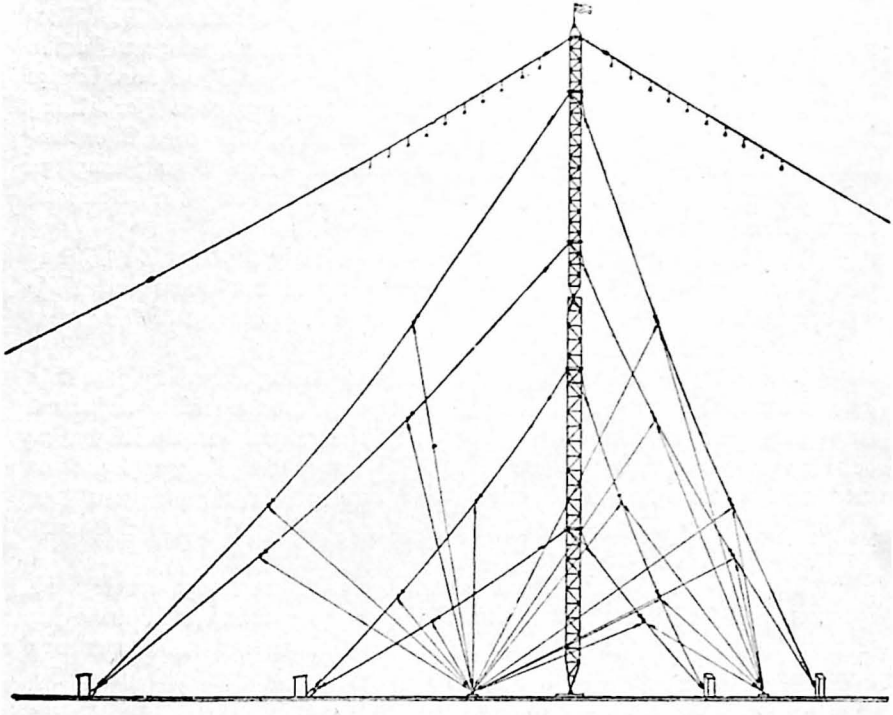
Der untre Turmteil wird von 6 Abspannungen gehalten, die nach 3 um 120° versetzten Fundamenten abgespannt werden. Das Gewicht eines Fundaments beträgt 450 t. Die Fundamente stehen auf einem Kreise von 98 m Halbmesser, dessen Mittelpunkt der Turmfuß ist. Der obre Turmteil wird ebenfalls von 6 Abspannungen gehalten, die an 3 um 120° versetzten Fundamenten 172 m vom Turm entfernt befestigt werden. Das Gewicht eines Fundaments beträgt 680 t. Um Schwingungen der Abspannungen bei Wind oder wechselnder Belastung zu verhüten, sind diese durch die sogenannten Windabspannungen besonders verspannt. Die Windabspannungen sind aus parallelen Stahldrähten hergestellt und mehrfach durch Isolatoren unterteilt oder gegen Erde isoliert. Die Isolatoren sind nach dem Prinzip der Kettenglied-Isolatoren hergestellt. In den Abspannungen herrschen gewaltige Zugkräfte.

Über die Spitze des 250 m-Turmes hinweg läuft auf Rollen gelagert das sogenannte Dachseil, an dem zu beiden Seiten der Türme mittels Isolatoren und Rollengehänge die Antennendrähte in Doppelrollen laufend gelagert sind. Das Dachseil ist an 520 m vom

Turmfuß entfernten Fundamenten befeſtigt. Das Dachſeil ſelbſt iſt wiederum durch Iſolatoren unterteilt und gegen Erde iſoliert.

Auch die 120 m-Türme ſind in Gitterkonſtruktion hergeſtellt und den großen Maſten ähnlich.

Um bei Wind, Rauhreifbelaſtung ein Nachlaufen der Antennendrähte zu ermöglichen, ſind die Drähte an einem Ende feſt einge-



Einer der 260 m-Maſte in Nauen und ſeine Verankerung

ſpannt, an andern Ende über ein hohes Gerüſt an Flaſchenzügen angelegt, die einen Nachlauf von je 100 m Seil geſtatten.

Antennen- und Turmanlage „B“

Die B-Antenne wird von drei Türmen und einem Abſpanngerüſt getragen, und zwar von zwei 150 m-Türmen, einem 134 m-Turm mit Ausleger und einem Abſpanngerüſt.

Über die 150 m-Türme hinweg läuft auf Rollen gelagert ein Stahlſeil von 24 mm Durchmeſſer. An das Drahtſeil ſind unter Zwiſchenſchaltung von Iſolatorenketten die Antennendrähte unmittelbar befeſtigt. Das Dachſeil iſt durch Iſolatoren unterteilt oder gegen Erde iſoliert und an beſondern Fundamenten befeſtigt.

Der 134 m-Turm mit Ausleger ist ebenfalls in Eisengitterkonstruktion ausgeführt und ruht in einem Kugelgelenk. Zu beiden Seiten des Turmes ist ein Ausleger aus Eisengitterwerk mit 18 m Ausladung befestigt. An diesem Ausleger hängen an Isolatorenketten Doppelrollen, durch die die Antennendrähte hinlaufen.

Die Antennendrähte werden vor Eintritt in das Gebäude flaschenzugartig aufgehängt, damit bei Wind und Rauhreif die Drähte nachlaufen können und immer die gleiche Spannung behalten. Die Notwendigkeit der Verwendung von Seilen aus parallel gelegten starken Drähten für die Abspannungen des Mastes, die schon 1906 beabsichtigt war, aber wegen der Unmöglichkeit der Beschaffung oder Herstellung unterbleiben mußte, hat Hein, Lehmann & Co., die die Eisenbaukonstruktion ausführende Firma, dazu geführt, eine Vorrichtung zu ersinnen, um Seile aus parallelen Drähten direkt auf der Baustelle herzustellen.

Die Montage des 260 m-Turmes geschah in der Weise, daß zuerst die drei untern schrägen Stiele aufgerichtet und dann mit Hilfe eines Standbaumes in der bei Eisenkonstruktionen üblichen Weise aufgestellt und untereinander verbunden wurden.

Wenn dann die senkrechten Stiele mit den gleichen Hilfsmitteln aufgebaut sind, wird an diesem Teil ein Montagegerüst, bestehend aus senkrechten Stielen mit Podesten und einem drehbaren Galgen an der Spitze eingebaut. Dieses Gerüst ist dann mit Flaschenzügen an den drei Stielen hochzuziehen und mit einem Seil die nächsten drei Stiele auf den bereits vorher errichteten zu befestigen. So wird fortlaufend die Montage ausgeführt.

Nachdem die Höhe einer endgültigen Abspannung erreicht ist, werden die Seile aus parallelen Drähten von oben nach unten in senkrechter Lage aufgehängt, die Isolatoren eingebaut und dann von der Erde aus nach den Abspannfundamenten gezogen und dort befestigt.

Die Montage des 260 m-Mastes wurde während der Wintermonate 1912 bis 1913 ausgeführt und erforderte trotz der ungünstigen Jahreszeit im ganzen nur 5 Monate.

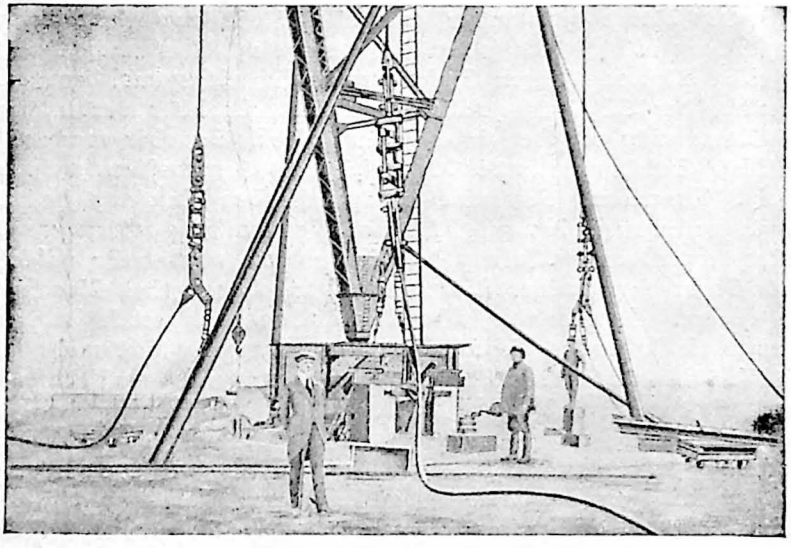
Auch bei dem neuen Mast sind die Abspannungen an ihren Drittelpunkten an der Erde mit schwachen Hilfsabspannungen befestigt, um so die Bewegungen der Mastanlage möglichst klein zu halten. Selbst bei den stärksten Stürmen ist kaum eine Bewegung der Abspannseile bemerkbar. Dieselbe wäre auch vollkommen unschädlich, da der Mast sowohl an der Erde wie in der Mitte mit einem Gelenk versehen ist, das evtl. Schwingungen ausgleicht. Die Konstruktion stellt daher in ihrer leichten und ungefährlichen Montagemöglichkeit sowie Standsicherheit das Beste dar, was es auf diesem Gebiete gibt.

Dies tritt besonders hervor, wenn man die Belastungen derartiger Bauwerke betrachtet, da auf dem in Nauen befindlichen 260 m

Mast ein Drahtseil ruht, das ihn an der Spitze mit 30 000 kg senkrecht und 6000 kg horizontal beansprucht. Einer derartigen Beanspruchung wäre z. B. der Eiffelturm trotz seiner ungeheuren Eisenmassen (6000 Tonnen) nicht gewachsen. Die Massen des Baustoffs bestimmen also die Belastungsfähigkeit durchaus nicht immer! Berechnet wurde der Mast an der Spitze mit einem Winddruck von 350 kg pro Quadratmeter senkrecht getroffner Fläche.

Erdungsanlage

Die Erdungsanlage der Nauener Station ist ein System von über dem Boden ausgespannten und eingegrabnen Drähten und Platten.



Fuß eines 260 m-Mastes; Auslegen der Abspannseile

So besteht die zur A-Antenne gehörende Erdung aus sternförmig verlegten, in den Boden eingepflügten Strahlen aus Eisendraht von 200 m Länge. Ferner liegen, gewissermaßen als Projektion unter der A-Antenne, 20 Drähte aus Bronze und 660 m Länge vom Gebäude aus nach Norden und nach Süden mit einer am Ende eines jeden Drahts in das Grundwasser versenkten Eisenplatte. Hierzu sind um das Gebäude quadratmetergroße Eisenplatten versenkt, die durch Kupferbänder miteinander verbunden sind. Das alte Betriebsgebäude der Station, ehemals das zweite dort errichtete, das jetzt in den großen Neubau mit eingebaut ist, steht außerdem auf 150 mit Kupferblech beschlagnen Pfählen, die gleichfalls durch Kupferband miteinander verbunden sind. Endlich sind auf einem Kreis von 150 m Durchmesser vom sogenannten Zentralerdungspunkt aus 30 Kupferplatten von je

1 qm Größe im Grundwaſſer verſenkt. Sämtliche Metallteile ſind an dieſen Zentralerdungspunkt metalliſch angeſchloſſen. Auch unter der B-Antenne liegen ſenkrecht unter den Antennendrähten beſondre Erdungsdrähte in den Boden eingepflügt, die durch acht Kreisbögen miteinander verbunden ſind.

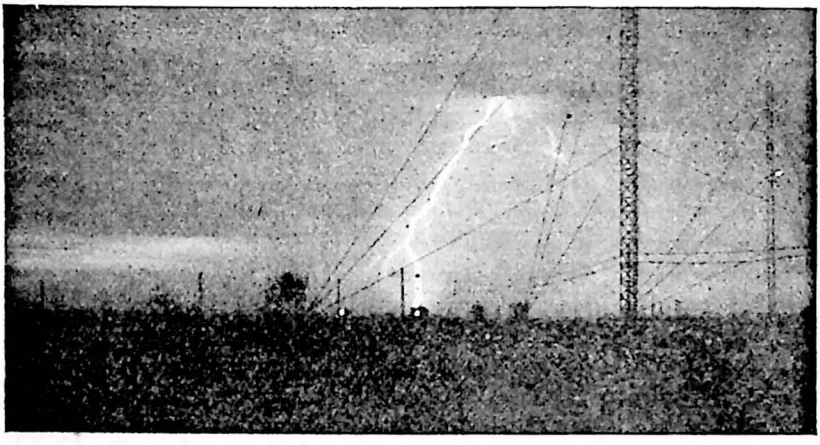
Der Blitzſchutz in Nauen

Im erſten Bande unſrer Bücher lernen wir den Blitz als eine großartige Naturerſcheinung elektriſcher Art kennen, die nichts andres iſt, als der vergrößerte Funke einer Leydener Flaſche. Der Blitz ſucht ſich, wie wir erfuhren, gern ſehr hohe Gegenſtände zum Einſchlagen aus und folgt ſtets metalliſchen Leitungen. Die gewaltigen Antennenträger in Nauen ſind daher wie alle Maſte von Funkentürmen Blitzſchlägen in beſonders hohem Maße ausgeſetzt. Das macht natürlich für einen Maſt von ſolchen Eiſenmaſten an ſich nichts aus, denn durch ſie würde der Blitz ganz gefahrlos zur Erde abgeleitet werden, wenn die Türme nicht von der Erde iſoliert wären. So aber machen ſich elektriſche Entladungen in der Atmoſphäre als Betriebsſtörungen unangenehm bemerkbar. Namentlich machen ſie den Empfang im Hörempfänger manchmal unmöglich, weil ſie knackende Geräuſche bewirken, unter deren Wirkung die Telegramme nicht mehr abhörbar ſind. Sogar Ferngewitter ſtören ſchon durch vereinzeltes Knacken in den Hörern. Gewitter, die auf 5 bis 10 km herangerückt ſind, verurſachen ein ſo ſtarkes Gepraſſel, daß der Empfang nicht mehr möglich iſt. Die Antenne oder der Empfangsrahmen muß dann an Erde gelegt werden. Allerdings ſtört das nur den Empfang, während der Sender ruhig weiter arbeiten kann. Ferngewitter beeinfluſſen ihn gar nicht. Blitzſchläge von Nahgewittern (5 bis 10 km) machen ſich dadurch unangenehm bemerkbar, daß ſie an den Iſolatoren, die in die Abſpann- und Dachſeile der 250 m-Türme eingeſchaltet ſind, kniſternde Übergänge herſtellen. Trotzdem iſt auch in ſolchem Fall die Einſtellung des Sendebetriebs nicht erforderlich. Erſt bei den unmittelbaren Gewittern in Entfernungen unter 5 km löſen die Blitzſchläge klatſchende Entladungen an der Iſolation in Abſpann- und Dachſeilen aus. Um dann die Iſolation nicht zu gefährden, wird das Luftnetz an Erde gelegt. Zu Blitzſchlägen über der Antenne ſelbſt kommt es nicht, denn der Rieſenblitzableiter, den die gewaltige Antenne darſtellt, leitet die Elektrizität entgegengeſetzt geladner Wolken ſtets ohne kataſtrophale Wirkungen nach der Erde ab. Über die Antennenverlängerungsſpulen und die Wicklungen der letzten Frequenzverdopplungsſtufe iſt das Luftnetz dauernd an Erde geſchloſſen.

Die Störungen, die Gewitter während des Betriebes herbeigeführt haben, ſind ſehr geringfügig; ſie betragen noch nicht 1%, alſo im Jahre nur wenige Stunden. Eine Beeinfluſſung der Gewitter, wie ſie landwirtſchaftliche Kreiſe der Gegend befürchteten und in einer

Schadenersatzklage zum Ausdruck brachten, ist durch die Beobachtungen der Jahre nicht feststellbar, weder in einem noch in anderm Sinne.

Der Blitzschutz an den Isolatoren der Türme und der Gelenkstellen für die obern Türme besteht in einem Blitzschutzschalter mit Funkenstrecke, deren Elektroden pilzförmig sind, und 10 cm Abstand voneinander haben. Der Anschluß der Blitzfunkenstrecken im Zwischengelenk erfolgt durch möglichst gradlinig geführte Kupferschienen. Die Funkenstrecke am Turmfuß ist einerseits oberhalb der Fußisolation mit der Eisenkonstruktion des Turmes gutleitend verbunden, andrerseits an eine im Grundwasser liegende Kupferplatte von 2 qm durch starke Kupferverbindungen angeschlossen. Im trocknen Zustande hält eine Porzellansäule eine Spannung von 77 000 Volt aus. Der Überschlag an der 10 cm eingestellten Funkenstrecke erfolgt bei Verwendung von 24000 Periodenstrom bei etwa 40000 Volt. Im nassen Zustande tritt der



Blitzschlag in Nauen am 10. August 1921 8½ Uhr abends

Überschlag an der Porzellansäule bei 55000 Volt ein, während die Funkenstrecken bereits bei 30000 Volt ansprechen. Die in den Abspann- und Dachseilen eingebauten Isolatoren gestatten einen Überschlag bei etwa 44000 Volt, und zwar zwischen den Enden der rund abgedrehten Verbindungskreuze, die hier gleichsam als Sicherheitsfunkenstrecken wirksam werden. So wird eine Beschädigung der Porzellanisolatoren vermieden. Das Luftnetz liegt über dem Sender an Erde, ohne daß parallel dazu eine Sicherheitsfunkenstrecke eingebaut ist. Um diesem Übelstand abzuhelfen, wird in Nauen parallel zum Sender eine Sicherheitsfunkenstrecke oder ein zweckentsprechend konstruierter Hörnerblitzableiter eingeschaltet werden, damit atmosphärische Überspannungen in der Antenne auf kürzestem Wege, ohne den Sender zu gefährden, zur Erde abfließen können. Dann wird es möglich sein, das Senden auch bei unmittelbar über der Antenne stehendem Gewitter ohne Gefahr für den Sender durchzuführen.

Bauſchwierigkeiten

Der Neubau hatte unter allen Schwierigkeiten zu kämpfen, die der Kriegszuſtand zeitigte. Arbeitermangel, Bauſtoffmangel, Transportſchwierigkeiten, Verpflegungs- und Unterbringungsſchwierigkeiten uſw. hinderten die Fertigſtellung ganz außerordentlich. Die Nähe der Hochſpannungsleitungen und die damit verbundne Lebensgefahr machten den Einbau der mannigfaltigſten Sicherheitsvorkehrungen, Gerüſte, Abdeckungen uſw. nötig. Namentlich an der Südſeite des neuen Gebäudes war daher das Ausführen der Umfaſſungsmauern ſowie das Einbringen der neuen Decken über der alten tönenden Station infolge der ſtarken Induktionswirkungen nahezu unmöglich. Die geſamte Südſeite des Gebäudes konnte eigentlich nur bei trockenſtem Wetter ausgebaut werden. Die Induktion war hier ſo ſtark, daß die Maurer und Arbeiter bei der Ausführung ihrer Arbeiten Verbrennungen an den Fingerſpitzen davontrugen. Unter denſelben Erſcheinungen hatten in ſtarkem Maße die Monteure zu leiden, die die ſchweren eiſernen Dachbinder in nächſter Nähe der Antennenzuleitungen aufzuſtellen hatten. Es glückte namentlich auch durch den guten Willen der Arbeiter, den Bau zu fördern, ohne daß der funkentelegraphiſche Betrieb deswegen auch nur eine Stunde unterbrochen zu werden brauchte. — Die Verbrennungen kommen durch die von den Eiſen und den leitenden Körpermaſſen der Arbeiter kapazitiv aufgenommenen Hochfrequenzladungen zuſtande, die bei jedem Anfaſſen eines leitenden Körpers Funken hervorrufen.

Die Bauzeit für die Antennenanlagen währte einſchließlich des ungünſtigen Winters 1916/17 und trotz der beſchriebnen Schwierigkeiten nur 14 Monate. Dabei verlangte der Gittermaſt von 260 m Höhe 12 Monate Bauzeit, während im Frieden 5 bis 6 Monate dafür nötig geweſen wären. Das Ende der Hausbauten fällt in die Mitte des Juni 1919.

Drahtloſer Überſee-Verkehr A.-G. Transradio

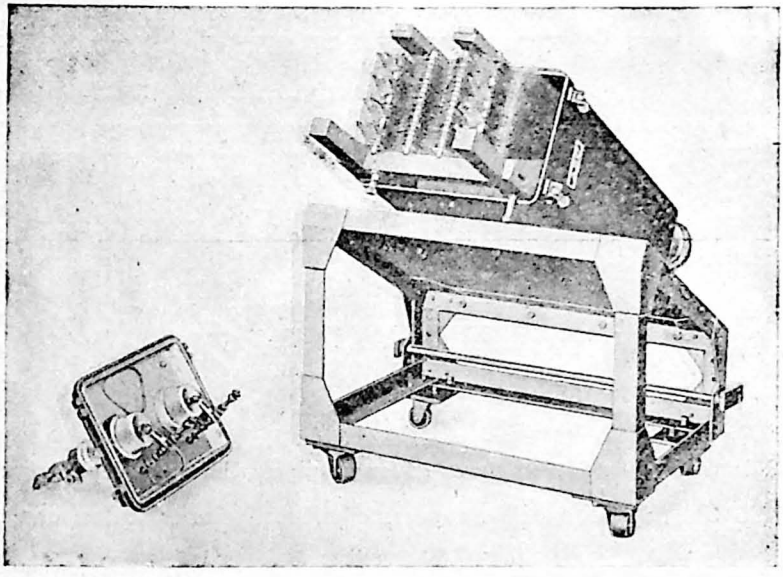
Im April 1918 ging die Geſamtanlage Nauen, die nunmehr ein Gelände von 300 ha bedeckt, in den Beſitz der neugegründeten Betriebsgeſellſchaft „Drahtloſer Überſee-Verkehr A.-G." über.

Die Station Nauen darf man ſich natürlich nicht als feſtes fertiges Gebilde vorſtellen, denn es wird ſtändig an ihr gearbeitet. Immerwährend ſind Ingenieure tätig, um das Verhalten und Arbeiten dieſes größten, meiſtgeſtaltigen und intereſſanteſten Gebildes zu überwachen und zu unterſuchen. Alle Verbeſſrungen auf dem Gebiete der drahtloſen Telegraphie werden an ihr ausgeprobt und angebracht, ſo daß ſich die Station wie ein gepflegter Organismus ſtändig entwickelt. Und dieſe langjährige, koſtſpielige und grundlegende Arbeit,

die Telefunken geleistet hat, wird in den Dienst aller später zu errichtenden Großstationen gestellt werden, für die Nauen also das mütterliche Vorbild darstellt.

Die Reichweiten

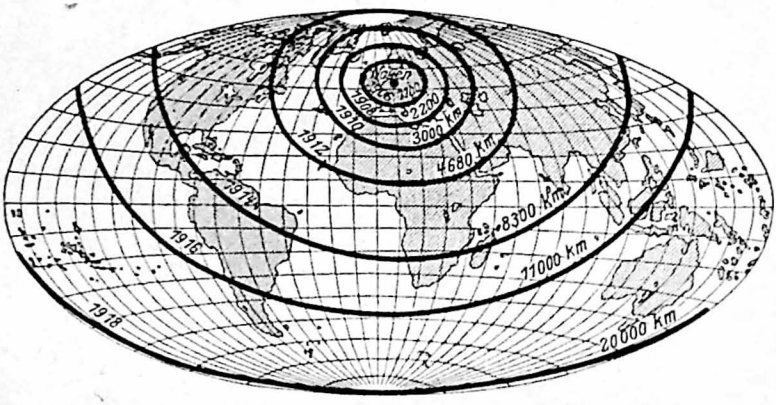
Nauen ist wirklich ein ganz exzeptionelles Gebilde. Es ist die einzige drahtlose Station, die ihre elektrische Stimme um die ganze Erde ertönen lassen kann. Wie die Entwicklung der Reichweiten vor sich gegangen ist, zeigt ein Bild. Der Reichweitenkreis seit einigen Jahren erstreckt sich über die ganze Erde. Es ist übrigens selbstverständlich, daß grade die Antipodenstation günstigere Empfangs-



Geöffneter Kondensator

verhältnisse aufweist als die einige tausend Kilometer davon entfernten Örter, denn in ihr treffen ja alle die von der Sendestation ausgehenden elektrischen Wellen wie die Meridiane wieder zusammen und verstärken die Empfangswirkung außerordentlich. Damit ist die drahtlose Telegraphie zu einem gewissen Abschluß gekommen, und das nächste Ziel des Laien ist nun die drahtlose Verbindung mit andern Planeten. Das scheint sich aber nach den Untersuchungen von Sommerfeld als ein schöner Traum herauszustellen. Es gibt in einer gewissen Höhe in der Erdatmosphäre eine elektrisch geladne Schicht, die nach ihrem theoretischen Entdecker die sogenannte Heavisíde-Schicht heißt. Die Ladung stammt von der Erde und von der Sonne zugleich. Es ist festgestellt, daß von der Erde aus ständig ein verhältnismäßig

ſtarker poſitiv elektriſcher Strom nach oben fließt, deſſen Ladung irgendwo bleiben muß. Aber auch von der Sonne wird durch die in die Erdatmoſphäre eindringenden ultravioletten Strahlen eine ſtändige Aufladung der oberſten Luftſchichten beſorgt. Die Heaviſide-Schicht umgibt die Erde wie eine unſichtbare Schale. Und die von unten, von der Antenne gegen ſie anſtürmenden elektromagnetiſchen Wellen werden von ihr nach innen wieder reflektiert. Außen ſtellt alſo die Heaviſide-Schicht, innen die Erdoberfläche die Begrenzung dar, die von den elektriſchen Wellen innegehalten werden muß, zwiſchen denen die Wellen hin und her geworfen werden. Außerhalb dieſer Schale ſind ſie unmöglich. So würde alſo eine drahtloſe Telegraphie in den interſtellaren Raum hinaus unmöglich ſein. Wir haben dieſe Angelegenheit ſchon genauer in dem Abſchnitt „Telegraphie zum Mars"



Die Reichweiten der Station Nauen in den wichtigſten Etappen ihres Beſtehens

(S. 25 bis 28) behandelt und verweiſen noch einmal beſonders auf die dortigen Ausführungen.

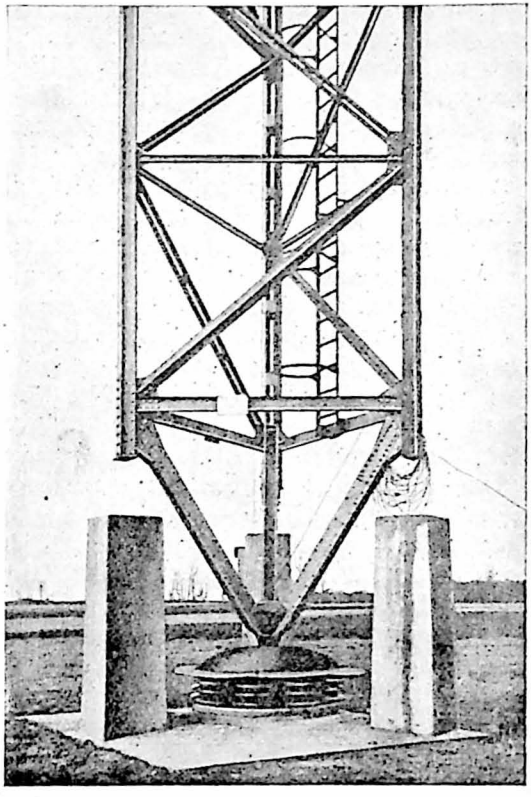
Schon wieder Neues aus Nauen

Während dieſe Zeilen im Druck ſind, ſind bereits neue umfaſſende Pläne mit Nauen in Ausführung begriffen. Ihre Notwendigkeit folgt aus dem rieſig erweiterten Verkehr, der ſich inzwiſchen eingeſtellt hat, und aus den neuen Aufgaben, die der Station Nauen zugefallen ſind. Unſer Ausſpruch, daß die Station Nauen kein fertiges Gebilde iſt, ſondern ein ſich ſtets entwickelnder Organismus, hat ſich alſo ſchon wieder bewahrheitet, noch bevor er druckfertig geweſen.

Die Antennenformen und ihre Eigenſchaften

Soll die Forderung der modernſten und leiſtungsfähigſten Einſtellung der Station Nauen durch die Tat aufrecht erhalten bleiben, ſo iſt nötig, eine neue Antenne zu bauen.

Eine Antenne ist ein Strahler, der eine gewisse Kapazität gegen Erde haben muß. So lange diese Kapazitäten und die Leistungen der Antennen nicht allzu groß zu sein brauchten, kam man mit den gewöhnlichen Schirmantennen aus, wie sie auch Nauen zuerst besaß. Man braucht dann nur einen Mast und die Antenne wird verhältnismäßig billig. Soll eine solche Antenne über kontinentale Entfernungen jederzeit Schnelltelegraphiebetrieb gestatten, so muß sie 25000 Meterampere leisten können. Das erfordert bei 150 m effektiver Strahlhöhe einen Antennenstrom von 166 Ampere, bei einer von 100 m einen solchen von 250 Ampere. Man kommt bei den andern sich einstellenden Bedingungen auf 10000 bezw. 15000 cm Kapazität. Diese erzielt man mit Einmastantennen leicht. Ja, das leistungsfähigste Gebilde dieser Form in Eilvese hat sogar 48000 cm bei einer Masthöhe von 250 m.



Fuß des 100 m-Mastes

Die Schirmantenne hat aber den Nachteil, daß sie bei großen Kapazitäten eine große Zahl Hilfsabspannmaste braucht, weil ein sehr steiles Abfallen der Schirmdrähte einen zu großen Verlust an wirksamer Höhe bedeutet. Dann steht aber auch nicht immer ein kreisrunder Platz solcher Größe zur Verfügung. Man muß daher zu andern Antennenformen übergehen, zu Zwei- oder Dreimastantennen, weil auch ein allzu hoher Mast zu teuer wird. Die Herstellungskosten wachsen mit der Höhe sehr schnell. Ein Mast von 250 m Höhe kostet ebensoviel wie drei Maste von 210 m!

Die günstigste Vereinigung aller in Frage kommenden Bedingungen bringt natürlich die mannigfaltigsten Antennenformen zuwege. In der Station Nauen beträgt gegenwärtig in der großen Zweimast-

dachseilantenne der Maſtabſtand 600 m. Die gewünſchte Kapazität von 28 000 cm machte die Aufhängung von 10 Paralleldrähten auf jeder Seite der Dachſeile erforderlich. Die Neigung der Dachſeile bewirkt, daß der unterſte Antennendraht an ſeinen tiefſten Stellen nur noch eine Höhe von 150 m über der Erde beſitzt gegen 250 m am höchſten Punkt der Antenne.

Die neue Antenne für Nauen

Der Neuausbau der Antenne erforderte eine Kapitalserhöhung der „Transradio-Geſellſchaft" von 25 auf 50 Millionen Mark. Damit wird auch das neue große von Dr. Alexander Meißner entworfne Strahlgebilde für Nauen hergeſtellt. Dieſes ſoll 90 000 cm Kapazität erhalten und wird ganz aus Dreiecksantennen zuſammengeſetzt werden. Die jetzt noch vorhandnen fünf Dachſeile werden entfernt. Jede Antenne wird nur an drei Punkten gehalten und iſoliert. Dieſe Anordnung geſtattet eine allmähliche Erhöhung der Antennenſpannung je nach den Fortſchritten, die in der Konſtruktion der Antennenisolatoren gemacht werden.

Mit Rückſicht auf die bei den zu erwartenden Spannungserhöhungen auftretenden Koronaverluſten ſollen ſtarkdrähtige Aluminiumkabel als Antennendrähte verwendet werden, die bei gleichem Gewicht dreimal größern Querſchnitt, alſo größre Feſtigkeit und damit kleinern Durchhang als Bronzeſeile beſitzen.

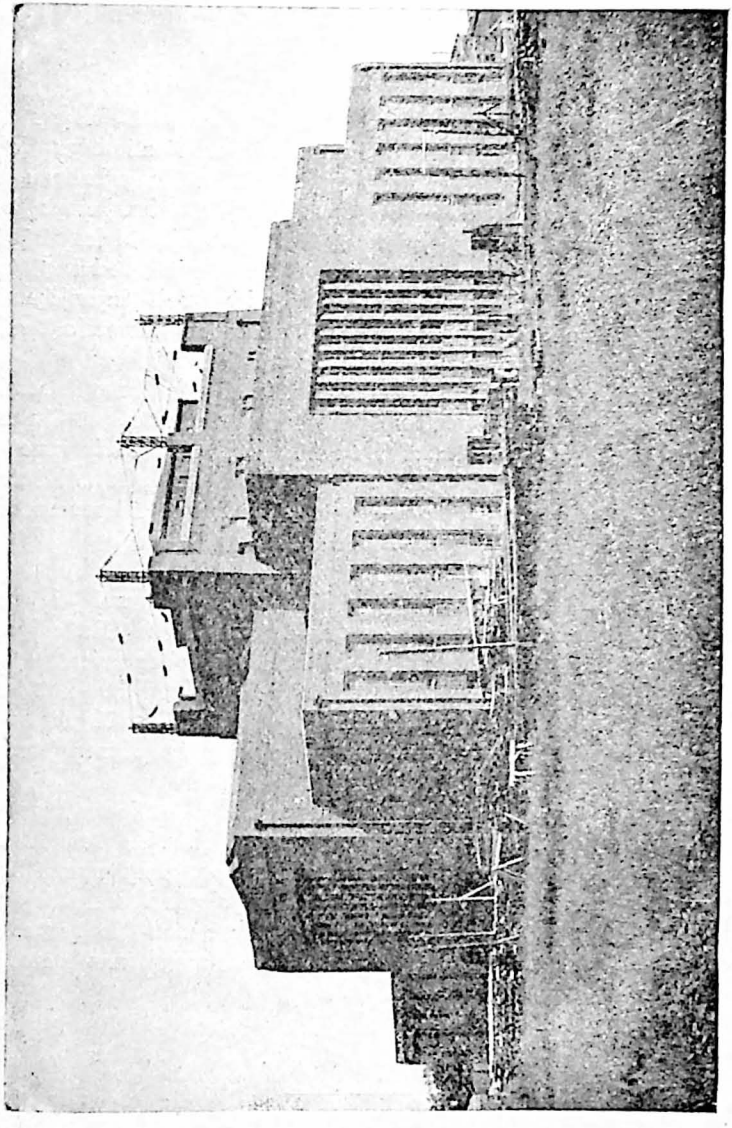
Das ganze Problem der Verringerung der Maſt- und Antennenkoſten — dieſe betragen heutzutage noch etwa drei Viertel der Geſamtkoſten der Senderanlage — ſpitzt ſich auf das Problem des Antennenisolators zu. Eine Antenne mit acht Maſten und Antennenisolatoren von 160 000 Volt Spannungsgrenze iſt einer Antenne mit 14 Maſten und Iſolatoren von 80 000 Volt gleichwertig, d. h. ſie genügt für die Erzielung der gleichen Meteramperezahl und koſtet nicht viel mehr als die Hälfte. Dieſe reduzierte Maſtzahl läßt ſich durch Vergrößrung des Maſtabſtandes noch weiter verringern, was bei gleichem Durchhang jedoch nur möglich iſt durch Erhöhung des Spitzenzuges am Maſte und durch ſtärkre mechaniſche Belaſtung der Antennenisolatoren.

Abzapf-Sender in Nauen

Die vorhandnen Sendemöglichkeiten in Nauen ſollen durch Mehrfach-Ausnützung der Hochfrequenzmaſchinen vermehrt werden. Das geſchieht durch ſogenannte Abzapf-Sender, die durch einen kleinen Teil der Ankerwicklungen des betreffenden Hochfrequenzgenerators geſpeiſt werden. Neben der Vermehrung der Sendemöglichkeiten wird gleichzeitig durch dieſe Anordnung eine reſtloſe Ausnutzung der verfügbaren Hochfrequenzenergie erreicht.

Die 400 MK-Maſchinen der Nauen-Anlage arbeiten mit einem Sicherheits-Leiſtungsfaktor, der bei normalem Betriebe nicht ausgenutzt

wird. Der Abzapf-Sender dient dazu, diese für besondre Fälle vorgesehene Energie-Reserve zweckentsprechend auszuwerten. Da der



Der Großstationsbau Nauen von hinten. Die betonte Vierung dient zur Einführung der Antennen

Stromverbrauch sowie die Beanspruchung der Maschinenanlage bei Vollbelastung nur unwesentlich von den bei etwa $^3/_4$-Belastung benötigten Werten abweichen, so wird durch den Einbau des Abzapf-

ſenders eine Erhöhung des Nutzeffekts der Hochfrequenzmaſchinen und damit eine Erhöhung der Rentabilität der Geſamtanlage erzielt.

Die Aufgabe dieſes Abzapf-Senders wird zunächſt die Abgabe des Europarundfunkdienſtes und die Erledigung des Verkehrs auf innereuropäiſchen Funklinien ſein.

Nauen ſieht jedesmal anders aus,

wenn man hinkommt! Das iſt der Eindruck jedes Beſuchers, der ſichs nicht verdrießen läßt, des öftern nach der Station zu ſehen. Die alte A-Antenne, die ja ſchon einige (!) Jahre geſtanden und ihren Dienſt verrichtet hat, iſt verſchwunden und hat einer vollkommneren Einrichtung Platz gemacht. Der Abbruch dieſes 2400 m langen Antennengebildes mußte ohne Betriebsunterbrechung vorgenommen werden. Dies war dadurch möglich, weil inzwiſchen die ſogenannte C-Antenne fertiggeſtellt war, die den Amerika-Verkehr übernahm. Sofort nach Inbetriebnahme teilte die Radio Corporation of America mit, daß die mit dieſer neuen C-Antenne erzielte Lautſtärke genau ſo groß ſei, wie die mit der alten A-Antenne. Dieſe Tatſache iſt um ſo bemerkenswerter, weil die C-Antenne nur drei Maſte von 210 m Höhe beſitzt, während die alte A-Antenne von ſechs Maſten getragen wurde, und weil die Stromentnahme aus dem Netz bei der C-Antenne nur 350 kw gegenüber 500 kw bei der alten A-Antenne beträgt. Die Energieerſparnis beträgt 150 kw, eine erhebliche Koſtenerſparnis! Dieſe Verbeſſrung iſt auf die große Strahlhöhe der neuen Antenne zurückzuführen. Die Maſterſparnis hingegen ließ ſich durch erſtmalige Verwendung der neuen Hochſpannungs-Antennen-Zugiſolatoren für große mechaniſche und elektriſche Beanſpruchung erzielen, die ſowohl ein ſtraffes Anziehen der Antennendrähte zulaſſen wie auch eine erhebliche Erhöhung der Antennenſpannung.

Die neue C-Antenne, die als koronafreie Hochſpannungs-Aluminium-Dreiecks-Antenne ausgeführt iſt, befindet ſich ſeit dem 3. Mai im Betrieb. Sie arbeitet zur Zeit mit einer Spannung von 115 000 Volt, die nach Einbau von neuen Verlängerungsſpulen noch weſentlich geſteigert werden wird. Nach Fertigſtellung der neuen Rohrerde wird mit einer weiteren Verringerung der Stromentnahme aus dem Netz gerechnet werden können.

Die Aufgaben der Großstation Nauen

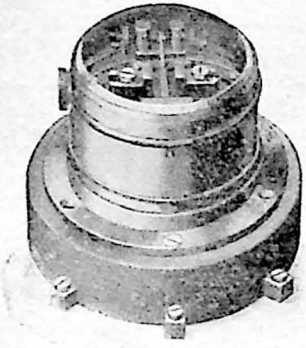
Das Zeitsignal für die Welt

Es wurde schon erwähnt, daß die Station Nauen den Schiffen das Zeitsignal übermittelt. Das bedeutet für die Navigation eine außerordentliche Verbesserung ihrer Zeit- und damit ihrer Ortsbestimmung. Jedes Schiff hat einen guten Chronometer an Bord. Dieser muß aber wegen der Gangabweichungen ständig unter Kontrolle gehalten werden. Seit der Einführung der drahtlosen Telegraphie ist das insofern sehr leicht möglich, weil jedes Schiff, das funkentelegraphische Einrichtungen besitzt, ein Signal aufnehmen kann, das ihm die richtige Zeit angibt, so daß es täglich ein- oder mehrere Male seine Uhren kontrollieren kann. In Deutschland hat die Hauptfunkstelle Norddeich regelmäßig solche Zeitzeichen gegeben. 1916 aber wurde der dortige Sender stillgelegt und die Abgabe der Zeitsignale eingestellt. Auf Drängen der Schiffahrtskreise aber entschloß sich 1917 das Reichsmarineamt, sie wieder einzuführen und betraute mit der Abgabe die Station Nauen. Die Hamburger Sternwarte in Bergedorf übernahm ihre Auslösung. Seit dem 5. Januar 1917 gab Nauen das Signal mit der Wellenlänge 480 m durch tönende Löschfunken mit dem Ton von 1000 Schwingungen in der Sekunde. Am 1. Juli desselben Jahres wurde diese Welle durch eine längre von 3900 m ersetzt, wobei die neue B-Antenne die Zeichen aussendete. Die Auslösung der Zeitzeichen durch die Hamburger Sternwarte erfolgte automatisch durch eine mit Kontakteinrichtung versehne Pendeluhr um 1 Uhr vormittags und 1 Uhr nachmittags MEZ über eine vom Reichspostamt zur Verfügung gestellte Kabelader. Die Kontaktuhr stand in Bergedorf, so daß die ganze Folge der Zeichen über das Kabel Bergedorf—Nauen gegeben werden mußte. Trotzdem sind nur an wenigen Tagen die Zeichen ausgeblieben, und die Genauigkeit der Angabe betrug im Mittel $^{7}/_{100}$ Sekunden.

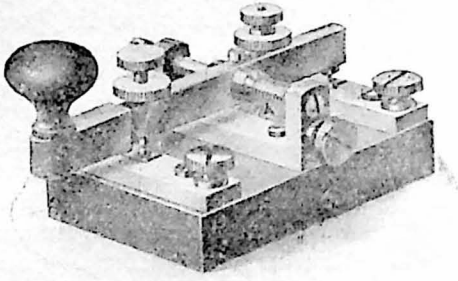
Mit der Übernahme der Zeitsignale durch die Deutsche Seewarte gelangte eine neue Auslösemethode zur Anwendung. Nur zwei kurze Stromstöße bewirken jetzt noch die Auslösung der Signale. Die Auslöseuhren sind Sekundenpendeluhren großer Präzision und stehen auf der Seewarte in Hamburg. Auf der Stundenachse dieser Uhr, auf der Minutenachse und auf der Achse des Steigerades sind kreisrunde

mit Schlitzen versehene Scheiben angebracht. Beim Gang der Uhren fallen dann in gewissen Zeitabständen Hebel in die Schlitze und schließen dabei einen Kontakt. Die drei Kontakte sind in Serie geschaltet, so daß ein Strom nur hindurchfließen kann, wenn alle drei gleichzeitig geschlossen sind. Ein polarisiertes Relais wird durch die Kontakte betätigt, das seinerseits den Telegraphenstrom schließt. In Nauen steht wiederum ein polarisiertes Relais, das Vor- und Hauptsignalgeber auslöst, nachdem die Leitung geprüft ist. Nach beendetem Zeitsignal, dessen Schema unser Bild angibt, erhält die Seewarte von Nauen Nachricht, ob das Zeitsignal richtig hinausgegangen ist oder welche etwaigen Störungen die Abgabe unmöglich machten.

Der Hauptsignalgeber gibt als Punkte Stromschlüsse von 0,1 Sekunden Dauer, während die Strichzeichen eine volle Sekunde währen. Durch den Stromschluß im Hauptsignalgeber erfolgt die Betätigung



Polarisiertes Relais



Telegraphiertaste

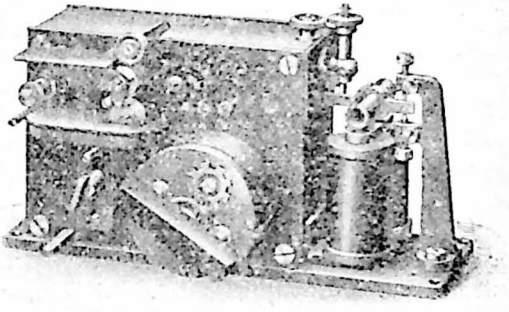
eines Ferndruckrelais von Siemens & Halske, das wiederum das Zwischenrelais des Tonfunkensenders betätigt.

Der Gang der Uhren in Hamburg ist so genau, daß sie täglich nur Hundertstel Sekunden von der genauen Zeit abweichen. Ihre Regelung wird täglich zweimal vorgenommen, und zwar durch Vergleichung mit den dortigen astronomischen Uhren, deren Kontrolle durch die Zeitstation der Seewarte erfolgt. Außerdem beobachten das geodätische Institut in Potsdam und das Marineobservatorium in Wilhelmshaven die Abgabe der Zeitsignale und senden nach jeder Beobachtung an die Seewarte ein Telegramm mit der aus ihrer Zeitbestimmung errechneten Korrektion. Hat die eine Warte unsichtiges Wetter, so bekommt sie von der andern die fehlenden Beobachtungen.

Telefunken-Zeitsignalempfänger

Für die Aufnahme der Zeitsignale hat die Telefunkengesellschaft einen wesentlich verbesserten Zeitsignal-Empfänger konstruiert, der auch

Privaten, Uhrmachern, Uhrenfabriken, kleinen Schiffen und andern Interessenten die Möglichkeit bietet, unter Aufwendung verhältnismäßig geringer Kosten die Zeitsignale regelmäßig aufnehmen zu können. Dieser Apparat sollte von der Industrie fleißig benutzt werden. Allerdings fallen nach dem Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches vom 6. April 1892 und der Novelle vom 7. März 1908 Funk-Telegraphenanlagen unter die Telegraphenanlagen im Sinne des Gesetzes und sind daher in das Telegraphenregal einbegriffen. Auch Empfangsanlagen allein unterliegen der Genehmigung des Reiches. Im Interesse der Weiterentwicklung und Vervollkommnung der Funktelegraphie wird den Versuchsanlagen und Zeitsignalempfangsanlagen auf dem Lande bei Erteilung der Genehmigung in weitgehendem Maße entgegengekommen. Die tatkräftige Förderung, die die Reichstelegraphenverwaltung in jeder Beziehung der wissenschaftlichen Ergründung und technischen Weiterbildung des neuen Verkehrsmittels hat angedeihen lassen, bürgt dafür, daß solchen Anlagen Kontroll- und Betriebsvorschriften nur soweit auferlegt werden, wie die Sicherheit des öffentlichen Verkehrs dies erfordern.



Farbschreiber, gewöhnlicher Morseapparat

In jüngster Zeit sind in Deutschland eine Reihe funkentelegraphischer Empfangsapparate in Betrieb genommen worden, die den Zweck haben, das Nauener Zeitsignal aufzunehmen. Die Genehmigung wird nur Gruppen von Interessenten (Uhrmacherschulen, Zentraluhrenanlagen, Normalzeit-Gesellschaften) erteilt, falls die Prüfung der Umstände keine Bedenken ergibt; auch an einzelne gewerblich interessierte Personen (Uhrmacher, Uhrenfabriken) wird die Genehmigung erteilt, wenn das Bedürfnis anerkannt und wenn durch die Persönlichkeit des Inhabers die Gewähr gegeben ist, daß ein Mißbrauch der Anlage ausgeschlossen ist. Privatpersonen, die lediglich persönliche Interessen nachweisen, wird die Genehmigung nicht erteilt. Mit Rücksicht auf die Wahrung des Telegraphengeheimnisses legt die Reichs-Telegraphenverwaltung den Interessenten besondre Bedingungen auf.

Unter diesen Vorschriften ist von besondrem Interesse die Bestimmung, wonach die Anlage so auszuführen und zu unterhalten ist, daß eine Berührung oder störende Beeinflussung von Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen nicht stattfinden kann.

Anträge auf Genehmigung ſolcher Anlagen müſſen von den Intereſſenten der zuſtändigen Ober-Poſtdirektion vorgelegt werden; von dieſer wird der Antrag über das Funk-Betriebsamt in Berlin dem Reichspoſtminiſterium zur Entſcheidung vorgelegt. Nach erfolgter Genehmigung wird der Zeitſignalempfänger dann von der Fachfirma montiert und abgeſtimmt. Hierauf veranlaßt die Ober-Poſtdirektion die Abnahme der Anlage durch einen Vertreter der Reichs-Telegraphenverwaltung.

Die Fachinduſtrie hat einfache Empfangsapparate konſtruiert, deren Anſchaffung Privatleuten mit billigen Mitteln möglich iſt. Auf den von der Geſellſchaft für drahtloſe Telegraphie (Telefunken) hergeſtellten und zum Betrieb zugelaſſenen Zeitſignalempfänger ſoll hier kurz eingegangen werden.

Der Telefunken-Zeitſignalempfänger E 49b enthält in einem verſchloſſnen und plombierten Holzgehäuſe ſämtliche Abſtimmorgane, während Hörer und Detektor von außen zugänglich ſind. An den Seiten des Gehäuſes liegen die Anſchlüſſe für die Antenne und die Erde. An der Vorderſeite iſt ein Schema angebracht, woraus die Art des Zeitſignals erſichtlich iſt (ſ. Bild). Der Empfänger beſteht aus 3 Schwingungskreiſen.

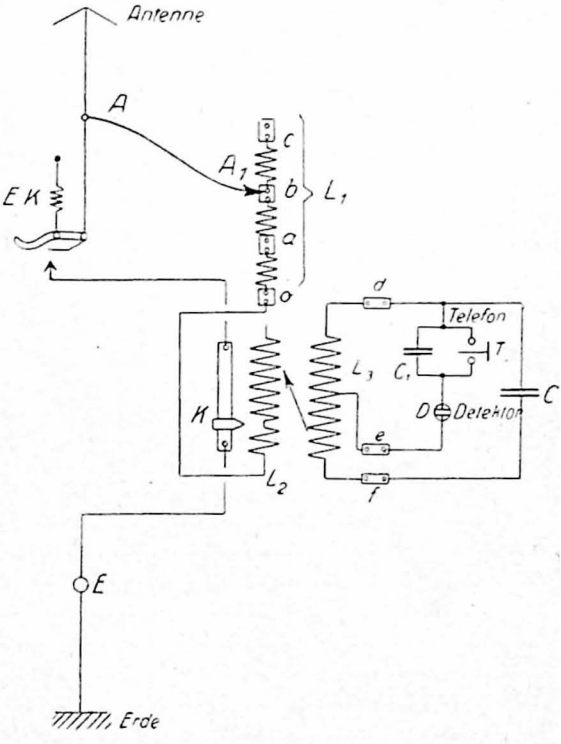
Der Antennenkreis wird gebildet durch die Antennenverlängrungsſpule L 1 und L 2, ſowie durch den Luftdraht und die Erde. Die Spule L 1 iſt in 3 Unterſtufen, a, b und c unterteilt. Die Verbindung der Antenne mit dieſen Unterſtufen richtet ſich nach der Größe der Antenne, deren Kapazität 350 bis 800 cm und deren Eigenſchwingung 200 bis 400 m betragen kann. Parallel zu den Antennenverlängrungsſpulen liegt ein Kontakt E K, der den Empfänger bei angehängtem Hörer an Erde legt, ſo daß Beſchädigungen durch atmoſphäriſche Störungen bei Nichtempfang ausgeſchloſſen ſind. Der Zwiſchenkreis hat den Zweck, eine größre Sicherheit gegen fremde Funkſtellen, die den Empfang des Zeitſignals beeinträchtigen oder ganz unmöglich machen könnte, zu ſchaffen. Ferner verhindert er den Empfang einer andern als für den Zeitſignalempfang vorgeſehnen Welle. Er beſteht aus Zwiſchenkreis-Spule L 3 und dem Kondenſator C.

Der Detektorkreis wird aus einem Teil der Spule L 3, dem Kondenſator C 1, dem Hörer T und dem Detektor D gebildet.

Meiſt wird der Empfänger noch mit einem Empfangsprüfer ausgerüſtet. Mit dieſem Hilfsapparat kann ohne weiteres die Antenne oder Erdleitung erregt werden, ſo daß man jeder Zeit in der Lage iſt, ſich von dem betriebsfähigen Zuſtand der Empfangsanlage zu überzeugen. Ferner läßt ſich der Detektor, falls er in der Empfindlichkeit nachgelaſſen hat, mit Hilfe dieſes Apparats leicht wieder auf die alte Empfindlichkeit einſtellen. Er beſteht im weſentlichen aus einem auf die Zeitſignalwelle abgeſtimmten Zwiſchenkreis, der ſich

in einem kleinen Holzkästchen befindet; der in diesem Gehäuse befindliche Prüfsummer stößt diesen Schwingungskreis an, dessen Schwingungen mittels einer kleinen Kopplungsspule auf den Antennenkreis übertragen werden.

Nachdem die Anlage hergestellt ist, wird der Empfänger auf die Zeitsignalwelle abgestimmt. Ist die Antenne sehr groß, so sind von der Spule L 1 nur wenige Windungen einzuschalten; der Anschluß A 1 ist also mit a zu verbinden. Bei kleinern Antennen wird A 1 mit b oder c verbunden. Die Spule L 3, die drehbar in der Spule L 2 angeordnet ist, wird zunächst so eingestellt, daß sich der an dem Drehknopf der Spule befestigte Zeiger in der Mitte der beiden Anschlagsstifte befindet. Dann verschiebt man den Kontakt K solange, bis die größte Empfangslautstärke erreicht ist. Ist dies mit dem jeweiligen Anschluß von A 1 nicht zu erreichen, so ist eine andre Abstufung der Spule L 1 zu wählen. Hat man so die größte Lautstärke erzielt, so kann man diese durch Drehen der Spule L 3 noch verbessern. Ist der Empfänger auf diese Weise genau abgestimmt, dann wird die Spule L 3 von der Spule L 2 soweit abgedreht, daß das Zeitsignal mit grader ausreichender Lautstärke empfangen werden kann. Nach beendeter Abstimmung wird die Spitze des Schiebers K mit den Spulenwindungen verlötet. Die Verbindungen des Detektors D mit der Spule L 3 ist auf Grund von Versuchen an der günstigsten Stelle vorgenommen und festgelegt. Bei der Abnahme wird der Empfängerkasten von der Reichs-Telegraphenverwaltung verschlossen und plombiert.



Schaltschema für den Telefunken-Zeitsignalempfänger

Bisher wurden die Zeitsignale allgemein nur mit dem Gehör aufgenommen. Obwohl man damit bei der heute gebräuchlichen Methode der im Telephon abgehörten Koinzidenzen sehr große Genauigkeiten erzielen kann, erscheint doch eine vollkommen selbsttätige Aufnahme der funktelegraphischen Zeitsignale erwünscht. Ein Bild zeigt uns das grundsätzliche Schaltschema einer von Telefunken gebauten Zeitsignalempfangsanlage mit einem selbstregistrierenden Chronographenschreiber, der bei der Sternwarte Hamburg schon seit längerer Zeit befriedigend arbeitet.

Die Anlage hat den Zweck, die mit Hilfe eines Morseschreibers registrierten Impulse eines Chronometers mit den funkentelegraphisch aufgenommenen Zeichen zu vergleichen und dadurch den Unterschied in der Gangzeit des Chronometers zu bestimmen.

Zu der Anlage gehören folgende Apparate:

1. ein Detektor-Empfänger zur Aufnahme des funktelegraphischen Zeitsignals,
2. ein Zweifach-Niederfrequenzverstärker zur Verstärkung dieser Zeichen,
3. ein als Gleichrichter geschalteter Zweifach-Niederfrequenzverstärker,
4. ein Zwischentransformator,
5. ein Vorrelais,
6. ein Hauptrelais,
7. ein Morseschreiber,
8. Batterien für Verstärker, Gleichrichter und Morseschreiber.

Die von dem Detektor-Empfänger aufgenommnen Impulse des Zeitsignals werden durch den Zweifach-Niederfrequenzverstärker verstärkt und dem Gleichrichter über einen Zwischentransformator zugeführt. Dieser gleichgerichtete Strom betätigt das Vorrelais, das einen stärkern Strom einschaltet und dem Morseschreiber zuführt. Der Morseschreiber registriert also die Impulse des Zeitsignals auf dem Papierstreifen. Gleichzeitig mit dem Morseschreiber betätigt ein Chronometer einen Schreibhebel in bestimmter Zeitfolge. Diese Zeichen werden ebenfalls auf dem Morsestreifen registriert. Durch Vergleichung der Unterschiede ist es nun möglich, die Gangzeit des Chronometers zu kontrollieren.

Soll die Selbstaufzeichnung der Signale der Wissenschaft nennenswerte Dienste leisten, so muß sie eine Genauigkeit von mindestens $^1/_{100}$ Sekunde gewähren. Diese Bedingung kann bei der erforderlichen elektrischen Empfindlichkeit nur eine Registriervorrichtung erfüllen, deren vom Strome bewegter Mechanismus äußerst geringe Trägheit besitzt. Eine Verschleierung der Einsetzzeiten des von der Kontrolluhr ausgelösten Stromstoßes und der Zeitangabe des Signals läßt sich nur dann vermeiden, und der Uhrstand genau genug festlegen, wenn in dem Diagramm einerseits Anfang und Ende jedes funktelegra-

phischen Zeichens äußerst genau abzulesen ist und andrerseits die Dauer des Kontrollstromes nur einen geringen Bruchteil der Zeitdauer des kürzesten Signalzeichens (Punkts) beträgt. Aus diesem Grunde dürfte sich bei Benutzung eines aperiodischen Spiegelgalvanometers oder Drehspulengalvanometers zur Registrierung kein sehr hoher Grad von Genauigkeit erzielen lassen; der bewegliche Stromträger des Spiegelgalvanometers besitzt eben verhältnismäßig hohe Trägheit und hohe magnetische Dämpfung. Auch beim Drehschleifengalvanometer (Oszillographen) besitzt die Drehscheibe erhebliche Trägheit: Aperiodizität wird durch Erhöhung der Reibungsdämpfung, z. B. Öldämpfung, erreicht, was dieselben Erscheinungen wie beim Drehspulengalvanometer zur Folge hat.

Brauchbare Ergebnisse und hohe Genauigkeit haben sich besonders bei solchen Versuchsanordnungen ergeben, die mit aperiodischen Saitengalvanometern mit photographischer Registrierung arbeiten. Bei weitrer Durchbildung dürften diese Anordnungen für wissenschaftliche Zeitsignale gute Dienste leisten und den Anforderungen der Pariser „Beschlüsse", Punkt 15 und 18, genügen.

Über die Bedeutung des Zeitdienstes und der elektrischen Uhren unterrichten die späteren Abschnitte „Vom Schattenstab über die Normaluhr zum Weltzeitsignal und Zeitdienst-Anlagen".

Nauen und der Weltverkehr

Der Artikel 197 des Versailler „Friedensvertrages"

„Während dreier Monate nach Inkrafttreten des gegenwärtigen Vertrages dürfen die deutschen F.T. Groß-Stationen in Nauen, Hannover und Berlin ohne Zustimmung der Regierungen der alliierten und assoziierten Hauptmächte nicht zur Übermittlung von Nachrichten benutzt werden, die maritime, militärische oder politische Fragen betreffen, die Deutschland oder irgend einen Staat, der im Kriege mit Deutschland verbündet war, betreffen. Diese Stationen dürfen für Handelszwecke benutzt werden, aber nur unter Aufsicht der genannten Regierungen, welche die zu benutzende Wellenlänge bestimmen werden.

Während der gleichen Frist darf Deutschland keine F.T. Groß-Stationen in seinem eigenen Gebiet oder in dem von Österreich, Ungarn, Bulgarien oder der Türkei bauen."

Das schlechte Gewissen der Entente und die brutale Vergewaltigung guckt hier wie bei so vielen Bestimmungen des sogenannten Friedensvertrages aus jedem Buchstaben unverhüllt hervor. Es ist der Entente nicht geglückt, die deutsche drahtlose Technik ebenso gemein zu knebeln wie andre Industriezweige, und deshalb hat es glücklicherweise nicht allzulange gedauert, bis die Stimme Deutschlands durch den Äthermund Nauens wieder in der Welt erklang.

Der Amerika-Verkehr

Amerika ſelbſt legte den größten Wert darauf, mit Deutſchland wieder in Nachrichtenaustauſch zu kommen. Und noch war der Friedenszuſtand zwiſchen beiden Ländern nicht wiederhergeſtellt, als die Ätherwellen auf ihren lichten Schwingen die Telegramme hinüber- und herübertrugen. Dank der guten Verbindungen Telefunkens iſt es gelungen, in Amerika eine Intereſſentengruppe, die Radio-Communication Co., zu finden, die ſich eifrig darum bemühte, eine Gegenſtation für Nauen bereitzuſtellen, die nur mit Nauen arbeitet. Die Frequenz des Verkehrs nimmt andauernd ſtark zu. Die Zahl der von Nauen nach Amerika geſendeten Wörter betrug im Tagesdurchſchnitt für April 1922 ſchon 11 550, die der von Amerika empfangnen 5470, der Geſamtverkehr alſo durchſchnittlich täglich 17 020 Wörter. Im Verkehr mit Europa betrugen die entſprechenden Zahlen 8406, 4727 und 13 133 Wörter.

Das deutſche Weltfunkennetz

Trotz der Knebelung Deutſchlands iſt es doch wegen der überragenden Bedeutung des Telefunken-Konzerns gelungen, ein Syſtem von Stationen auf der ganzen Erde ſicherzuſtellen, das eine leidliche Unabhängigkeit von feindlichen Monopolen gewährleiſtet. Dieſe Stationen ſind mit Maſchinen und Apparaten von Telefunken ausgerüſtet und durch Betriebsverträge zum Verkehr mit Nauen verpflichtet. Dazu gehören außer den Verbindungen mit der Union noch die wichtige Linie Holland (Aſſel) — Java, die auch ſchon vollſtändig in Betrieb iſt. Über dieſe Linie wird eine Verbindung mit dem fernen Oſten möglich ſein, da z. B. in Japan ſchon eine von Telefunken gebaute Großſtation beſteht, die den Verkehr mit der holländiſchen Station auf Java aufnehmen könnte. Wir finden ferner eine Station des Telefunkenſyſtems in Mexiko, die in der Lage iſt, zu günſtigen Zeiten mit Nauen direkt zu verkehren und die dieſes außerdem jederzeit über die Station bei New York erreichen kann. Ebenſo iſt die bereits vor dem Kriege erbaute Telefunkenſtation Cartagena in Columbien, die vergrößert werden ſoll, über New York von Nauen aus erreichbar. Die Großſtation Buenos Aires, die von der argentiniſchen Transradio-Geſellſchaft nach dem Muſter von Nauen gebaut wird, iſt für einen direkten Verkehr mit Deutſchland beſtimmt, kann aber gleichfalls in die Verbindung über die nordamerikaniſchen Stationen mit einbezogen werden. Es wäre dann ſchließlich nur eine Lücke im Pacific-Gebiet vorhanden, die aber jederzeit, z. B. zwiſchen Mexiko und Japan, geſchloſſen werden könnte, um eine den ganzen Erdkreis umfaſſende radiotelegraphiſche Verbindung mit Stationen des Telefunken-Syſtems zu ſchaffen, die deutſchen Handelsintereſſen dienſtbar gemacht werden kann.

Andre Weltfunkennetze

In England iſt durch eine von der Regierung eingeſetzte Kommiſſion ein Weltnetz entworfen worden, deſſen Baſis die afrikaniſchen und indiſchen Kolonien bilden. Dabei ſollen die zwiſchen den einzelnen Stationen liegenden Entfernungen 2000 Seemeilen nicht überſchreiten, um eine dem Kabel gleichkommende Sicherheit zu ſchaffen. Die Marconi-Geſellſchaft ſtrebt ein weſentlich umfaſſenderes Netz an, bei dem die Entfernungen mitunter mehr als einen Erdquadranten betragen. In der gleichen Weiſe plant Frankreich ein Kolonialnetz, während die amerikaniſche Radio-Corporation an dem Ausbau des ſchon beſtehenden ausgedehnten panamerikaniſchen Netzes nach Südamerika und dem fernen Oſten arbeitet. Alle wollen ungedämpfte Schwingungen benutzen, jeder ſeine Spezialtype einer Hochfrequenzmaſchine, bis auf die Marconi-Geſellſchaft, die noch das allerdings ſchon reichlich unmoderne Syſtem der geſteuerten Funken anwendet, anſcheinend in der Hoffnung, von dieſem gleich zu den Großröhren übergehen zu können, die jetzt noch nicht ganz ſo weit ſind.

Die Koſten der drahtloſen und Drahttelegraphie

Über die Anlagekoſten eines Überſeekabels in ihrem Verhältnis zu denen einer drahtloſen Verbindung gibt Direktor Solff von Transradio an, daß ſich unter Zugrundelegung einer Strecke von Deutſchland —Amerika gleich etwa $^2/_3$ Erdquadranten die Koſten wie 2 : 1 verhalten; die drahtloſe Verbindung verlangt etwa nur 50% des ſtehenden Kapitals, das die Kabelverbindung benötigt. Dafür ſind aber bei der drahtloſen Verbindung die jährlichen Aufwendungen etwa doppelt ſo hoch wie bei dem Kabel, ſo daß die Geſtehungskoſten für das übermittelte Wort bei beiden Verkehrsarten ungefähr gleich ſind. Die drahtloſe Telegraphie arbeitet alſo nicht billiger als das Kabel. Beim Tiefſeekabel aber iſt es unmöglich, auf einer Strecke von 6000 bis 7000 km in der Minute mehr als 175 Buchſtaben (35 Wörter) zu befördern, weil die Kapazitätserſcheinungen mehr nicht zulaſſen. Solche Grenze kennt die drahtloſe Telegraphie nicht, und da man mittels Schnellbetrieb beim Siemens-Schnelltelegraphen jetzt bereits 650 bis 700 Buchſtaben pro Minute (130 Wörter) bewältigt, ſo wird die Rentabilität eine außerordentlich viel höhere. Zudem kann ſie noch immer wachſen, wenn die Telegraphiergeſchwindigkeit noch erhöht wird.

Bei der Anlage von Großſtationen läßt ſich auch noch mancherlei ſparen. Man wird bei der Anlage der Antennen ökonomiſcher vorgehen, indem man Sendeanlagen konzentriert, wird die Empfängeranlagen ähnlich verbilligen, dieſe Einrichtungen außerhalb der teuren Großſtädte unterbringen und ſie von dort ſteuern, wie es bei New York und bei Berlin der Fall iſt.

Da auch die Geheimhaltung der drahtlosen Nachrichten durch Chiffrierung ermöglicht wird und diese durch die neuen Kryptographenapparate erleichtert wird, die selbsttätig wirkende Kodifizierungsmaschinen sind, so sind die Tage des Kabels gezählt. Man wird sie verbrauchen und dann kaum noch neue lange Linien anlegen.

Die Entwicklung des deutschen Überseefunkenverkehrs

Der Krieg, der Deutschlands Kabelnetz zerstören sollte, hat ihm grade das modernste Nachrichtenmittel überliefert und dafür gesorgt, daß es in einer Zeitspanne ausgebildet wurde, die sonst wahrscheinlich um das mehrfache verlängert worden ist. Es hat in Nauen die modernste und leistungsfähigste Anlage der ganzen Welt und damit ein Mittel, das ihm seinen zerstörten Welthandel wieder aufbauen hilft.

Der Nauenverkehr hat sich ganz gewaltig entwickelt. Im Januar 1922 überschritt er schon die erste Million beförderter Wörter, während sie im August 1919, seit der Wiederaufnahme der wirtschaftlichen Beziehungen zum Ausland, nur etwa 100 000 Wörter betrug. Am 16. März wurden allein 50 000 Wörter befördert! Die jetzige Leistungsmöglichkeit (Ende 1922) Nauens wird auf nicht weniger als 75 000 Wörter bei 24stündigem Dauerbetrieb angegeben!

Die Rahmenantenne

Offne und geschlossne Antennen

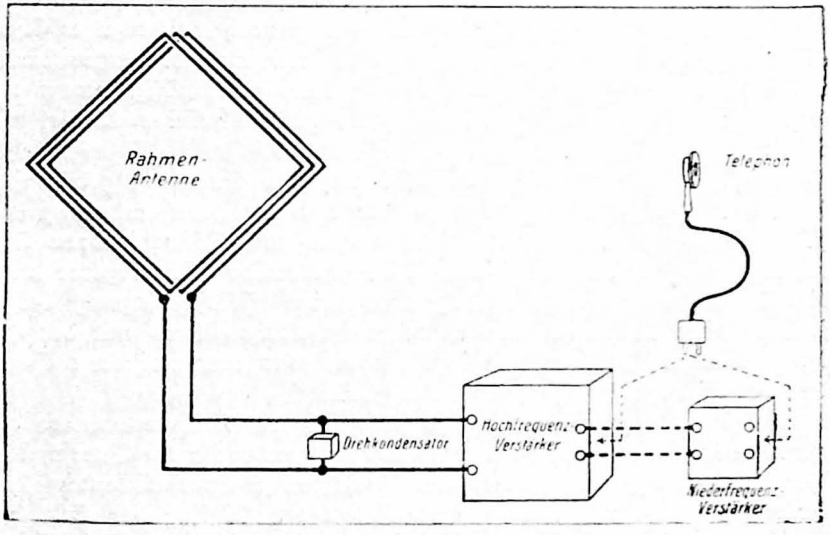
Bei drahtlosen Stationen ist man allerlei Merkwürdiges gewohnt, denn Maschinerie, Häuser und sonstige Aufbauten sind dort vielfach ganz anders als sonstwo in der Technik. Man ist deshalb vielleicht auch nicht erstaunt, bei Geltow einen ganz andern Antennenaufbau zu sehen als bei allen andern drahtlosen Stationen. Dort hängt an einem 40 m hohen Eisenmast ein riesiges Drahtquadrat, oder eigentlich zwei, zu jeder Seite eins, und beide hängen mit einer Spitze oben an dem Mast. Was hat das zu bedeuten?

Schon 1913 hatte Prof. Braun (s. S. 34) in Straßburg, einer der Pioniere auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie solche „geschlossenen Antennen" benutzt und als erster ihre praktische Verwendbarkeit klar erkannt. Allerdings stand ein Umstand ihrer Benutzung im Wege, nämlich, daß die damals bekannten Detektoren viel zu unempfindlich waren, um die von solchen „Rahmenantennen" aufgenommne Energie bemerklich zu machen. Es mußten erst noch andre Hilfsmittel ausgebildet werden, bevor die Zeit der Rahmenantenne gekommen war. Die Verstärkungsmittel in der jetzt bekannten Vollkommenheit kannte man damals noch nicht; als sie auf dem Plan erschienen und im

Kriege eine ungeahnte Ausbildung erfuhren, da bewährte sich auch die bis dahin unanwendbare Rahmenantenne. Allerdings gestatten heut die Verstärker, die ankommende Energie auf den 10 000 fachen Betrag zu bringen, so daß wir in der Lage sind, jetzt mit viel, viel kleinern Sendern zu arbeiten.

Die ersten Rahmen

Trotz alledem hatten die ersten Rahmenantennen noch große Ausmaße. Man baute Drahtvierecke mit bis zu 120 m Seitenlänge, aber mit der Verbesserung der Verstärkungsmittel nahmen diese Maße immer mehr ab, selbst bei denjenigen Antennen, die für größte Entfernungen bestimmt waren. Das ging sehr schnell, denn die Verstärker



Grundsätzliche Schaltung der Rahmen-Empfangsanlage

wurden in rasendem Tempo verbessert und vervollkommnet, so daß selbst die ängstlichsten Gemüter, die die Betriebssicherheit über alles stellten, bald in ihren Anforderungen an die Antennenmaße herabgehen konnten. Ende März 1918 gelang es zum ersten Male, mit einer Rahmenantenne mit nur 1 qm, ja sogar mit ½ qm Fläche, im Innern von Gebäuden die amerikanischen Stationen aufzunehmen. Es darf wohl noch besonders darauf hingewiesen werden, daß diese Rahmenantennen keine Strahlantennen, sondern Aufnahmeantennen sind. Im Mai 1915 wurden in Naumburg a. S. sowohl Zeichen von Amerika aufgenommen wie auch die Richtung der dort gebenden Stationen bestimmt. Das führte zu Versuchen in Kiel, die zur Folge hatten, daß die U-Boote mit Braunschen Rahmenantennen und Hochfrequenzverstärkern ausgerüstet wurden. In Naumburg hatte man bereits nur noch Rahmen

von 2½—4 m Größe verwendet, die in einem geschlossnen Raume drehbar aufgestellt wurden. Man hielt, wie gesagt, zuerst diese großen Abmessungen und noch viel größre aus Gründen der Betriebssicherheit bei.

Der Rahmenempfang

Die Schaltung ist sehr einfach. Der Rahmen bildet die Selbstinduktion eines Kreises, in dem ein Drehkondensator eine große Veränderlichkeit gestattet. Diese erlaubt, den Kreis auf die Empfangswelle abzustimmen. Die aufgenommne Schwingungsenergie wird dem Hochfrequenzverstärker zugeführt. In diesem wird sie je nach der Anzahl der vorhandnen Verstärkerröhren verschieden stark verstärkt, während die letzte Röhre als Audion geschaltet ist, damit die Hochfrequenzströme gleichgerichtet und dem Fernhörer zugeführt werden.

Um die Störungsfreiheit der Anordnung noch weiter zu erhöhen, entnimmt man die Empfangsenergie für den Hochfrequenzverstärker nicht unmittelbar dem Rahmenkreise, sondern zweckmäßig einem mit diesem lose gekoppelten Sekundärkreis in ganz ähnlicher Weise, wie bei den bekannten Sekundärempfangssystemen.

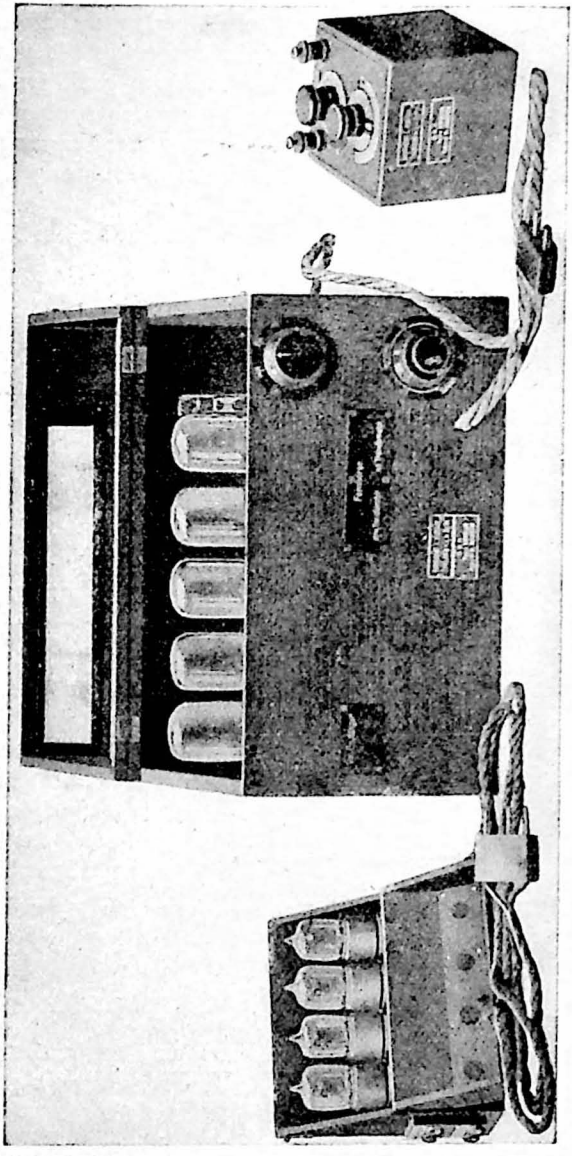
Diese Anordnungen beziehen sich auf den Empfang gedämpfter Wellen, wie sie z. B. der Funkensender liefert. Zum Empfang ungedämpfter, also der Maschinen-, Lichtbogen- und Röhrensenderwellen, braucht man noch einen kleinen Röhrengenerator (Überlagerer), um die für den Schwebungsempfang notwendige Hilfsschwingung herzustellen. Diese kann man nun entweder im Rahmenkreis mit der ankommenden zur Interferenz bringen, oder, was aus mehreren Gründen vorzuziehen ist, erst im Sekundärkreis.

Bei der ganzen Anordnung stellt sich die Rahmenantenne als nichts weiter dar, denn als eine Spule quadratischen Querschnitts, deren Seitenlänge und Windungszahl mit der zu überbrückenden Entfernung und der Wellenlänge wächst. Um den Einfluß der Erde auf den Rahmenkreis möglichst auszuschalten, stellt man ihn auf die Spitze, derart, daß diese noch einige Meter von der Erdoberfläche entfernt bleibt. Bei ganz großen Ausführungen muß man natürlich auf die Drehbarkeit verzichten. Kleinere macht man um die senkrechte Achse drehbar, und transportable dabei noch zusammenklappbar, damit sie auf kleinstem Raum untergebracht werden können.

Der Hochfrequenzverstärker ist wohl der wichtigste Teil der Apparatur. Er enthält gewöhnlich vier oder fünf in Kaskade geschaltete Hochfrequenzverstärkerröhren. Die von der Rahmenspule aufgenommne geringste Energie muß genügend verstärkt werden, so daß man dazu so viel Röhren benutzt, bis die gewünschte Wirkung erzielt ist. Nachdem muß die Energie noch gleichgerichtet werden.

Solche Rahmenantenne kann in jedem Zimmer aufgestellt werden. Man kann sie dort in unauffälligster Weise unterbringen, z. B. in einer Schranktür, wo sie zugleich drehbar angeordnet ist. Trans-

portable Rahmen lassen sich in kleine Kästen verpacken und auf der Reise oder sonstwie verwenden.



Verstärker und Abstimmkondensator für Rahmenempfang

Es dürfte also wohl einzusehen sein, daß der kleine elegante Apparat für transportable Zwecke mit Nutzen verwendet wird; warum aber wird er auch für Empfangszwecke der größten drahtlosen Stationen angewendet?

Die „Richtwirkung“ des Rahmens

Der Grund dafür ist in der Eigenschaft der Rahmenantenne zu suchen, in gewisser Stellung sehr gut, in der dazu senkrechten überhaupt nicht zu empfangen. Die Rahmenantenne hat also eine „Richtwirkung“: Die Empfangsrichtung fällt immer in die Empfangsebne, die also auf die zu empfangende Station gerichtet ist. Die offnen Antennen besitzen dagegen entweder gar keine oder eine bei weitem nicht so ausgeprägte Richtwirkung. Aus der Eigenschaft des Rahmens, in jeder Stellung aus einer bestimmten Richtung überhaupt nicht zu empfangen, folgt, daß in dieser Richtung liegende Sender, auch wenn sie erheblich stärker sein sollten als der für den Empfang in Betracht kommende, diesen nicht zu stören vermögen, selbst nicht einmal dann, wenn die von beiden benutzten Wellen gleich lang sind. Versuche haben ergeben, daß offne Antennen stets stärker gestört werden als geschlossne, so daß die Rahmenantenne der offnen für Empfangszwecke bedeutend überlegen ist. Sie ist infolgedessen auch dazu geeignet, Sender anzupeilen. Unter Benutzung zweier derartiger Anlagen, deren gegenseitige Entfernung als bekannt vorausgesetzt wird, läßt sich der Standort des Senders und sein Abstand von den Empfangsstellen leicht ermitteln. Umgekehrt läßt sich mit einer Rahmenantenne unter Zuhilfenahme von zwei ihrer Lage nach bekannten Sendestationen die Ortsbestimmung des Senders durchführen. Dieser Fall ist für die Schiffahrt von großer Bedeutung und wird uns im nächsten Abschnitt noch eingehender beschäftigen.

Die kleinste tragbare Rahmenantenne

Die „Störungsfreiheit“ des Rahmens

Wenn die geschlossne Antenne eine Richtwirkung in der geschilderten Art besitzt, dann ist sie aber auch hervorragend geeignet,

atmosphärische Störungen zu vermeiden oder wenigstens wesentlich herabzudrücken. Denn die Kapazität des Rahmens ist sehr klein, während die einer offnen Antenne dagegen sehr groß ist. Und da die Intensität der atmosphärischen Störungen mit der Kapazität des Luftleiters zunimmt, so ist also auch in der Beziehung die Rahmenantenne viel günstiger. Schließlich ist auch die Abstimmschärfe bei den Rahmenantennen sehr viel größer als bei offnen Antennen. Da nämlich bei offnen Antennen der Erdwiderstand die Hauptrolle spielt und dieser bei der Rahmenantenne entweder gar nicht oder nur ganz unerheblich an den Verlusten im Schwingungskreis beteiligt ist, so läßt sich die Rahmenantenne eben mit sehr kleinen Verlusten herstellen.

Benutzung der kleinen Empfangsanlagen

Wendet man die Rahmenantenne an, so kann man auf kleinem Raum sehr viele Stationen gleichzeitig empfangen. Der Geländebedarf ist bei ihnen sehr gering, während die offnen Strahlantennen für Sender in der Beziehung sehr ungünstig sind. Die Anlage- und Betriebskosten werden also bei Rahmenantennen sehr gering gegenüber den offnen. Das ist ein weitrer großer Vorteil der Rahmenantenne, die ihrer Verbreitung sehr günstig ist.

Ihre volle Anwendbarkeit zeigen die Rahmenantennen erst im sogenannten „Duplexbetrieb", über den noch besonders gesprochen werden soll. Der Empfang einer Station wird natürlich durch den Sendebetrieb gestört. Handelt es sich dabei um so gewaltige Stationen wie Nauen, so ist die Sache gar nicht anders möglich gewesen, als den Sendebetrieb einzustellen, wenn empfangen werden soll. Das ist natürlich sehr irrationell, denn während des Empfangs ist der kostbare Sender unausgenutzt. Nach den Versuchen in Naumburg,

200 km von Nauen entfernt, hatte sich dann beim Experimentieren mit der Rahmenantenne gezeigt, daß der Empfang während des Sendebetriebs in Nauen ganz störungsfrei erfolgt. Man rückte deshalb näher an Nauen heran und erbaute in Geltow eine Empfangsstation. Diese ist nur 30 km von Nauen entfernt und beide Stationen arbeiten gleichzeitig und unabhängig voneinander, ohne daß Nauen Geltow stört. Das ist ein großer Fortschritt. Aber dieser wird noch überholt werden dadurch, daß man mit den Empfängern nunmehr ganz nahe an die riesige Senderstation herangehen kann.

Der Duplexbetrieb

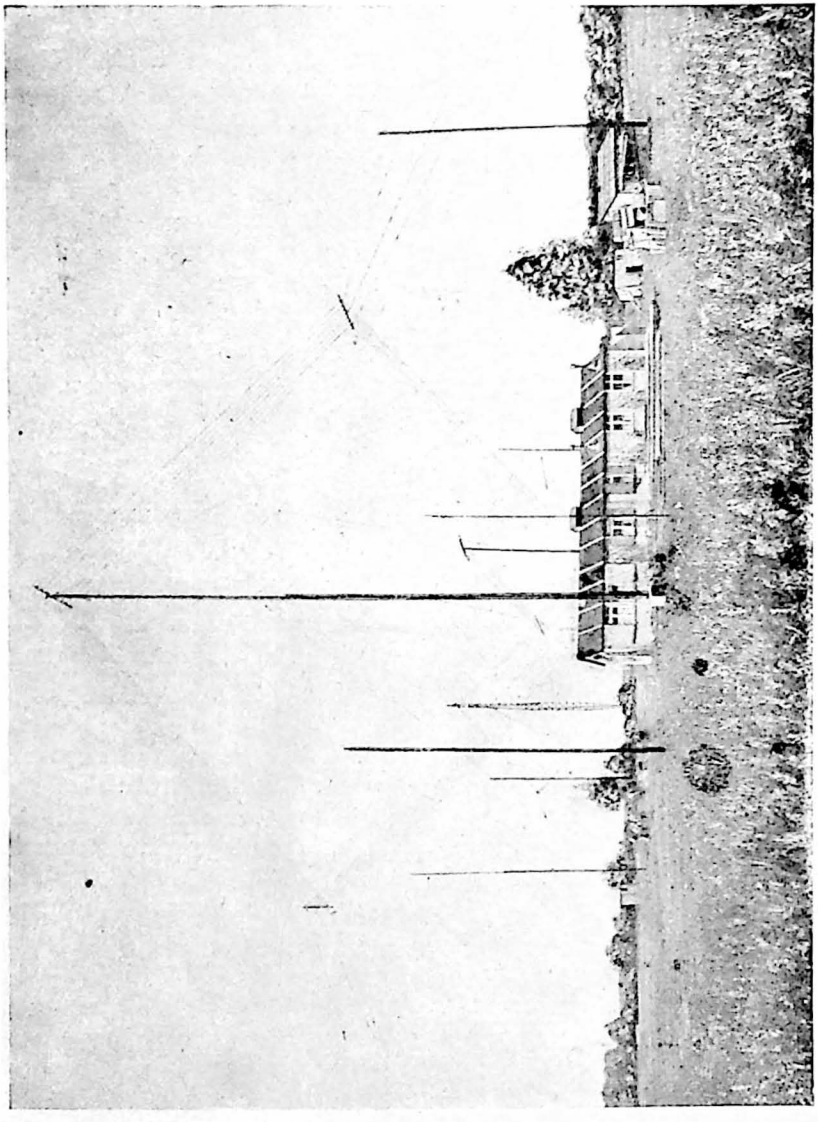
Was ist Duplexbetrieb?

Wir sprachen vom Duplexbetrieb. Man versteht darunter die Möglichkeit, gleichzeitig senden und empfangen zu können. Das ist angesichts der gewaltigen wirtschaftlichen Werte, die die Großstationen darstellen, eine unbedingte Notwendigkeit. Denn man kann zum Zwecke der Aufnahme von Telegrammen andrer Stationen nicht die kostbaren Anlagen des Senderbetriebs ruhen und die wertvollsten Tagesstunden verstreichen lassen. Man hat deshalb die größten Anstrengungen gemacht, gleichzeitig senden und empfangen zu können und war natürlich früher auf eine Trennung des Senders vom Empfänger angewiesen. Das hat sehr große Nachteile, selbst wenn Nauens Empfangsstation Geltow nur 30 km entfernt ist. Es ist dann notwendig, zwischen beiden Stationen eine Kabelverbindung herzustellen, die Tast-, Schreib- und Telephonleitungen enthalten. Das ist teuer und umständlich. Deshalb ist es erwünscht, die Entfernung beider so gering wie möglich zu halten. Der Duplexbetrieb stellt aber an die Empfangsanlage auch die Forderung, eine möglichst gleiche Empfangswelle aufnehmen zu können, wie die Sendewelle ist, denn bei der fast täglich wachsenden Zahl der Stationen ist das eine gebietrische Notwendigkeit. Dazu ist aber nötig, daß die Empfangsapparatur möglichst störungsfrei ist. Die Erfindung der Kathodenröhre gestattete nun aber die Anwendung der Rahmenantenne von Braun, die nunmehr für den Duplexbetrieb ausschlaggebend wurde.

Die klassische Duplexanlage

Das klassische Beispiel für alle Anlagen dieser Art sind wieder die Einrichtungen, die Nauen in dieser Richtung aufweist. Man verlegte nach den Versuchen in Naumburg die Empfangsanlage Nauens nach Geltow, wo man eine 40-m-Quadrat-Rahmen-Antenne aufstellte, während die Empfangsstation zuerst in einem Möbelwagen unter-

gebracht war, bis ein provisorisches Empfangshaus errichtet war. Man ist nämlich drauf und dran, die Empfangsstation noch erheblich näher an Nauen heranzulegen.

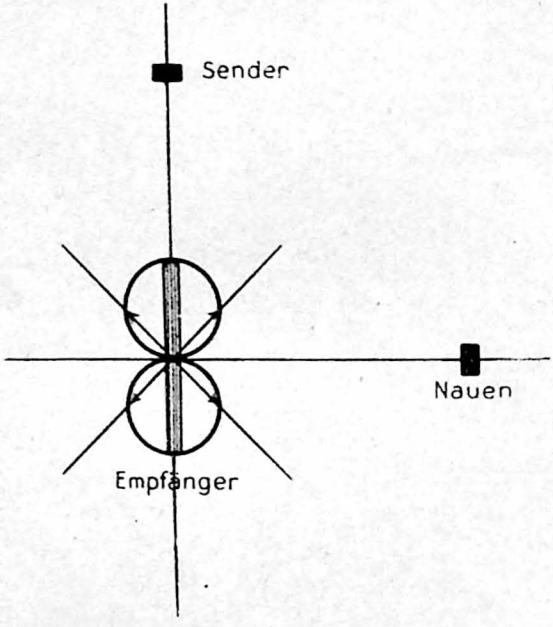


Doppelrahmen am 40 m-Mast des Nauen-Empfangs in Geltow

Die Anlage in Geltow besitzt zwei in etwa 1 m Abstand voneinander an einem Holzmast aufgehängte Rahmenantennen, die in Verbindung mit den dazu gehörenden sehr abstimmscharfen Empfangsapparaturen die gleichzeitige Telegrammaufnahme von zwei verschied-

nen Sendeſtationen geſtattet, deren Wellenunterſchied außerordentlich klein gewählt werden kann. Durch beſondre Zuſatzapparate wird eine Abſchwächung der atmoſphäriſchen Störungen erreicht.

Die Verſuche zur Ausgeſtaltung der endgültigen Anlage für den Nauener Empfang haben zu neuen Schaltungen geführt, bei denen die Abſtimmſchärfe ganz außerordentlich hochgetrieben wurde. Man kann nun eigentlich beliebig weit an Nauen herangehen. In einer Entfernung von einigen hundert Metern konnte der Duplexbetrieb mit amerikaniſchen Stationen durchgeführt werden, wobei die Unterſchiede zwiſchen Sende- und Empfangswelle nur wenige Prozente betrugen.

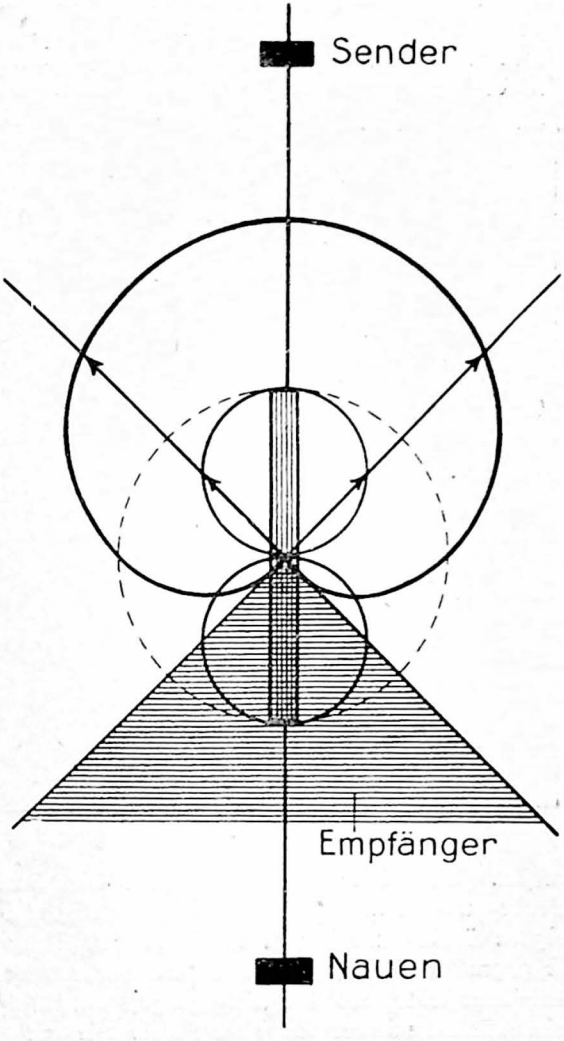


Bisherige normale Lage der Dupler-Empfangsanlage in bezug auf eignen und fremde Sender

Die höchſte Leiſtung

Für die einwandfreie Aufnahme der Zeichen iſt eine Mindeſtempfangsenergie notwendig. Dazu müſſen entweder die Antennen- oder Rahmenmaße groß ſein, oder aber man muß ſehr gut wirkende Verſtärkungsmittel haben. Man hat nun namentlich durch Verwendung der allerbeſten Verſtärkungsmittel erreicht, daß die Rahmenabmeſſungen ſo klein wie irgend möglich erzielt werden konnten. Was bei der 120 m hohen Rahmenantenne mit 1 bis 2 Verſtärkerröhren erreicht wird, kann man auch bei Rahmen von 1 bis 2 m Seitenlänge erzielen, wenn man 6 bis 7 Röhren anwendet. Für den Amerikaempfang wird jetzt ein Rahmen von 3 m Seitenlänge angewendet. Das iſt nicht die letzte Möglichkeit, denn die Verſuche haben gezeigt, daß man mit einer Rahmenantenne von 20 cm Durchmeſſer, wie ſie alſo eine größre Kopplungsſpule darſtellt, mit 6 Verſtärkerröhren beim Amerikaempfang eine Lautſtärke erzielt, die noch in 1 m Abſtand vom Telephon aufgenommen werden kann. Nimmt man 9 Röhren zu Hilfe, ſo kann man den Empfang im ganzen Raum laut hörbar machen.

Diese überaus große Leistung der Verstärker hat große Bedeutung. Denn man kann nunmehr den Empfangsrahmen den Witterungseinflüssen entziehen, ihn im Empfangsraum unterbringen und drehbar machen. Man spart also Gelände und Kosten der Außenunterhaltung, und hat zugleich noch den Vorteil, seine Richtwirkung als Störbefreiungsmittel gegen fremde und auch atmosphärische Störungen voll auszunutzen. Aber ein weitrer Vorteil tritt in die Erscheinung dadurch, daß der Unterschied zwischen Sende- und Empfangswelle auf ein Minimum heruntergedrückt wird. Indirekt aber wird zugleich eine weitre Verbesserung erzielt, indem die Möglichkeit der Rahmendrehung die bisher ungünstig wirkende Tatsache beseitigt, daß die Empfangsmöglichkeit von Stationen, die mehr als einen halben rechten Winkel von der Rahmenebne abweichen, jetzt vollständig ist. Für Richtungen, die genau oder nahezu senkrecht zur Rahmenfläche liegen, war der Empfang sogar vollkommen ausgeschlossen. Da man ja den Rahmen beliebig drehen kann, kann man stets seine günstigste Empfangslage benutzen. Wenn nur eine gewisse Differenz zwischen Empfangs- und eigner Senderwelle besteht, die jetzt nur wenige

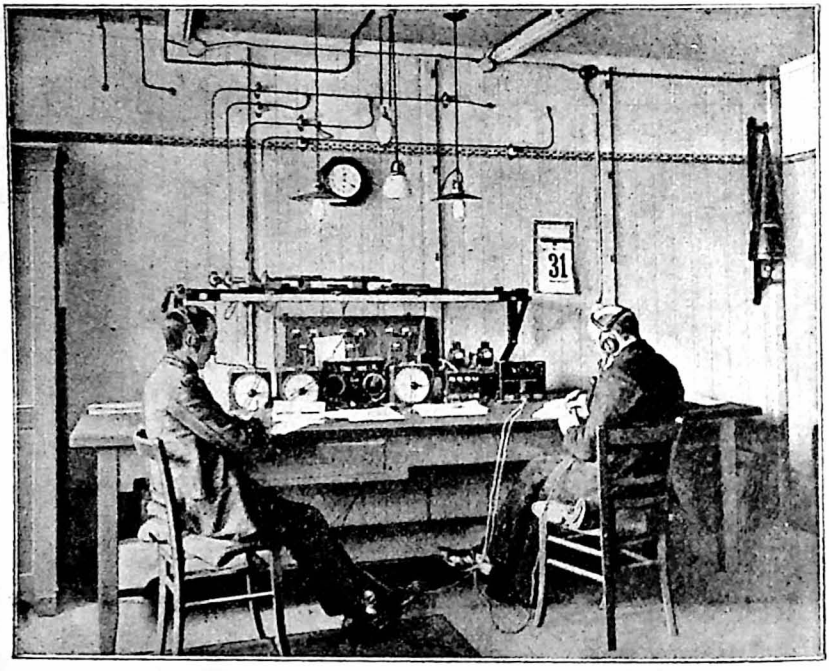


Einseitig gerichteter Empfang bei Verwendung einer Rahmen- und einer offnen Antenne

Prozent zu betragen braucht, vermag die hohe Selektion der Verstärkungseinrichtungen immer noch einen einwandfreien Empfang zu gewährleisten.

Rahmen mit offner Antenne

Versuche haben aber auch darüber noch hinausgeführt. Sie ergaben, daß, wenn man eine Rahmenantenne zweckmäßig mit einer offnen verbindet, die Empfangsrichtung einseitig und ein großer Teil des Empfangsfeldes abgeblendet wird. Stationen, die in diesem „Schatten" liegen, werden selbst bei großer Stärke und Nähe nicht

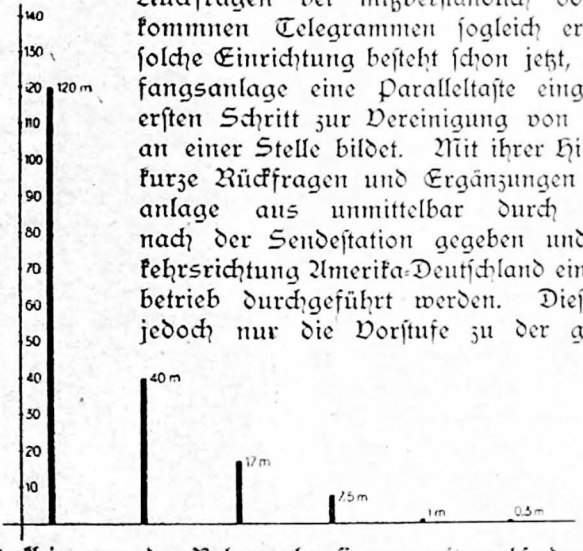


Empfängerraum der Dupleranlage in Geltow

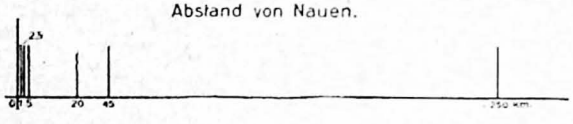
gehört. Bei dieser Anordnung fällt die Verbindungslinie zwischen Sende- und Empfangsanlage in die Rahmenebne. Der zwischen der eignen Sende- und der zu empfangenden Station liegende Empfänger ist gegen die Wirkungen des eignen Senders vollkommen abgeblendet, empfängt aber aus der entgegengesetzten Richtung die Zeichen der Gegenstation mit der doppelten Stärke wie mit dem einfachen Rahmen. Dabei hat die offne Antenne nur winzige Abmessungen. Da nun aber die eigne Sendestation auf die Empfangsanlage keinerlei Wirkungen mehr ausübt, läßt sich mit dieser Anordnung ein Duplexbetrieb durchführen, bei dem die aufzunehmende Station mit derselben Wellenlänge arbeitet wie der eigne Sender. Die Störfreiheit dieser Anlage ist gegen die vorhin erwähnten noch verbessert.

Transradio-Betriebszentrale

Kann man aber mit der Empfangsanlage beliebig dicht an den eignen Sender heran, so hat man den großen Vorteil, daß man Rückfragen bei mißverständlich oder undeutlich angekommnen Telegrammen sogleich erledigen kann. Eine solche Einrichtung besteht schon jetzt, indem auf der Empfangsanlage eine Paralleltaste eingerichtet ist, die den ersten Schritt zur Vereinigung von Taste und Empfang an einer Stelle bildet. Mit ihrer Hilfe können jetzt schon kurze Rückfragen und Ergänzungen von der Empfangsanlage aus unmittelbar durch Leitungsübertragung nach der Sendestation gegeben und somit für die Verkehrsrichtung Amerika-Deutschland ein neuzeitlicher Duplexbetrieb durchgeführt werden. Diese Einrichtung bildet jedoch nur die Vorstufe zu der geplanten Zusammenlegung von Taste und Empfang an einer gemeinsamen Betriebsstelle in Berlin. In nächster Nähe des Haupttelegraphenamts sind geeignete Räume bereitgestellt. Man ist dabei, die kurzen Leitungen, die jetzt die Taste mit dem Sender und das Telephon mit dem Empfänger verbinden, in der „Transradio-Betriebszentrale" in Berlin zu vereinigen. Wenn diese



Verkleinerung der Rahmenabmessungen mit wachsender Verstärkerleistung



Verkürzung des Abstandes zwischen Sender und Empfänger der Dupleranlage

Zeilen gedruckt sind, wird das alles geschehen sein und das langerstrebte Ziel eines allen modernen Ansprüchen genügenden Dupleverkehrs wird sichergestellt sein. Da zu gleicher Zeit auch die Erweitrung und Neueinrichtung der Zentralstation der „Radio Corporation of America" in Betrieb genommen wird, wird dann auf zwei leistungsfähigen Verkehrslinien eine drahtlose Verbindung Deutschland-Nordamerika möglich sein, die den erfolgreichen Wettbewerb mit den vorhandnen Kabellinien aufnimmt und ihnen dadurch überlegen ist, daß er nicht von fremden Mächten kontrolliert werden kann.

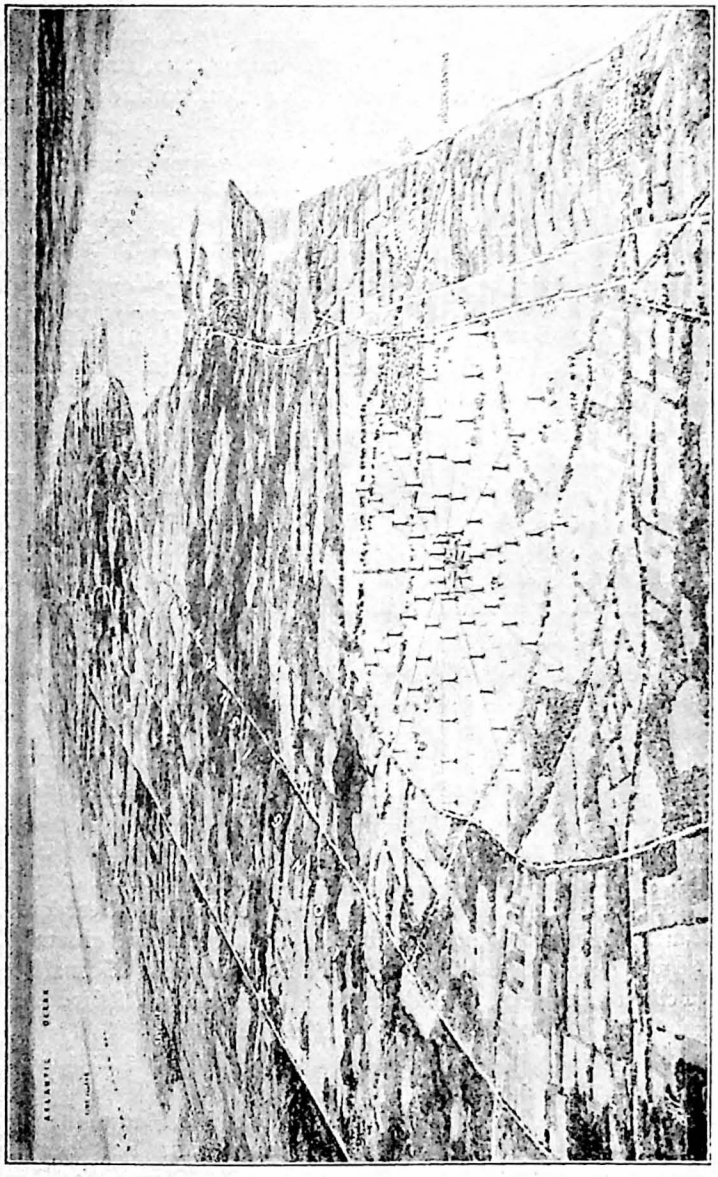
Rocky Point—Nauen

Als kurz vor Beginn des Krieges Nauen in seinem ersten Großausbau vollendet war, konnte es wohl nach Amerika telegraphieren, aber nicht von dort empfangen. Denn die Empfangsstation auf Long Island bei New York hatte keine so große Sende-Einrichtung, daß man damit Europa zu erreichen vermochte. Aber auch das war der Entente noch zu viel. Sie versuchte sogar, auf dem Wege über Patentstreitigkeiten in Amerika die Schließung der Empfangsstation zu erreichen. Dazu mußte die mit Telefunken sonst durch internationale Verträge verbundene Marconigesellschaft herhalten. Beinahe wäre es ihr gelungen, auf diese Weise Deutschland die Möglichkeit abzuschneiden, in Amerika und von dort aus auch in der andern Welt seine Stimme ertönen zu lassen. Aber der Ausbruch des Krieges Deutschlands mit Amerika verhinderte bald überhaupt ein weiteres Arbeiten Nauens mit Nordamerika, bis es so weit vervollkommnet war, daß die süddeutschen Stationen die Nauensignale empfangen konnten. So hat es die Entente schließlich dank der deutschen Erfindungstüchtigkeit doch nicht verhindern können, daß die von Nauen in die Welt gesandten offiziellen Pressemeldungen in den Zeitungen aller Welt erscheinen konnten, sofern sie sie nicht böswillig unterdrückten.

Mit der Wiederaufnahme der diplomatischen Beziehungen und Wiederherstellung des Friedenszustandes zwischen Amerika und Deutschland wurde die Möglichkeit gegeben, die amerikanische Gegenstation zu Nauen, Rocky Point, so auszurüsten, daß sie auch bei uns aufgenommen werden konnte. Anfang November 1921 ist diese Gegenstation fertiggestellt und dem Betrieb übergeben worden. Die Betriebsgesellschaft ist die Radio-Corporation, die in engster Beziehung zum Telefunken-Konzern steht. Die Station liegt auf Long Island, die Empfangsanlage in River Head. Bei dieser Station ist gleich durchgeführt worden, was bei Nauen erst später und nachträglich eingerichtet wurde, nämlich die Vereinigung des Gebens und Empfangens. Das erfolgt dort in New York City, der Betriebszentrale der Radio-Corporation of America (RCA). Sie hat den internationalen Rufnamen wqk. Diese Rufnamen sind kurze international verabredete Zeichen für die Großstationen, die auf diese Weise erkennen, daß sie angerufen werden und daß von irgend einer internationalen Station ausgesandte Telegramm für sie bestimmt ist. So hat Nauen den Rufnamen poz.

Die Bedeutung dieser beiden Stationen Nauen und Rocky Point liegt darin, daß durch den dreißig Jahre laufenden Betriebsvertrag auch Hinterländer eingeschlossen sind, also der Durchgangsverkehr von Hinterländern Deutschlands zur Union, sowie umgekehrt aus Süd- und Mittelamerika usw. nach Deutschland.

Die neue Möglichkeit des internationalen Verkehrs hat einen gewaltigen Erfolg gezeitigt, denn in 2 Monaten betrug die Zunahme



Die Großstation Radio-Central bei New York mit ihren zwölf Strahlenantennen

über $^1/_1$, in 4 Monaten $^1/_2$. Das beweist schon die große Notwendigkeit dieser neuen Weltverkehrsader.

Die Großstation Rocky Point liegt 60 englische Meilen, d. i. fast 100 km von New York entfernt; sie soll nach amerikanischer Auffassung der Brennpunkt des die ganze Welt umspannenden Funkverkehrs werden. Für diese Aufgabe ist sie unter Mitwirkung der größten Firmen der Vereinigten Staaten mit den besten und neuesten technischen Hilfsmitteln und Einrichtungen ausgestattet worden.

Sie gliedert sich in drei Teile: 1. Die Sendeanlage bei Rocky Point, 2. die Empfangsanlage bei River Head, 20 km von der ersten entfernt, 3. Die Betriebszentrale in New York, Broadway 233.

Die Antennenanlage wird nach ihrem völligen Ausbau ein gewaltiges Rad von 12 Speichen bilden, von denen je zwei einander gegenüberliegende einen Strahlsektor bilden. Eine solche Speiche mit sechs Türmen zeigt das zweite Bild. Der erste fertiggestellte Sektor war für den Nauen-Verkehr bestimmt. Jeder Turm ist 125 m hoch, sein an der Spitze sitzender Querträger 50 m lang. Zur Errichtung der ersten 12 Türme waren 1800 t Stahl erforderlich; 8200 t Beton brauchten die Fundamente. Die Bodenfläche jedes Turmes beträgt 35 qm, der Turmfuß wurde $2^3/_4$ m in den Boden versenkt. Die Türme stehen frei ohne jede Verankerung mit einem Abstand von je 420 m. Die Entfernung vom 1. bis zum 12. Turm eines Sektors beträgt rund $4^1/_2$ km. Die Antenne eines jeden Sektors, die wagerecht von Turm zu Turm gespannt ist, besteht aus 16 Bronzedrähten. Für die ersten beiden Antennensysteme wurden 80 km Bronzedraht verwendet und rund 700 km Kupferdraht als Erdung in den Boden eingepflügt.

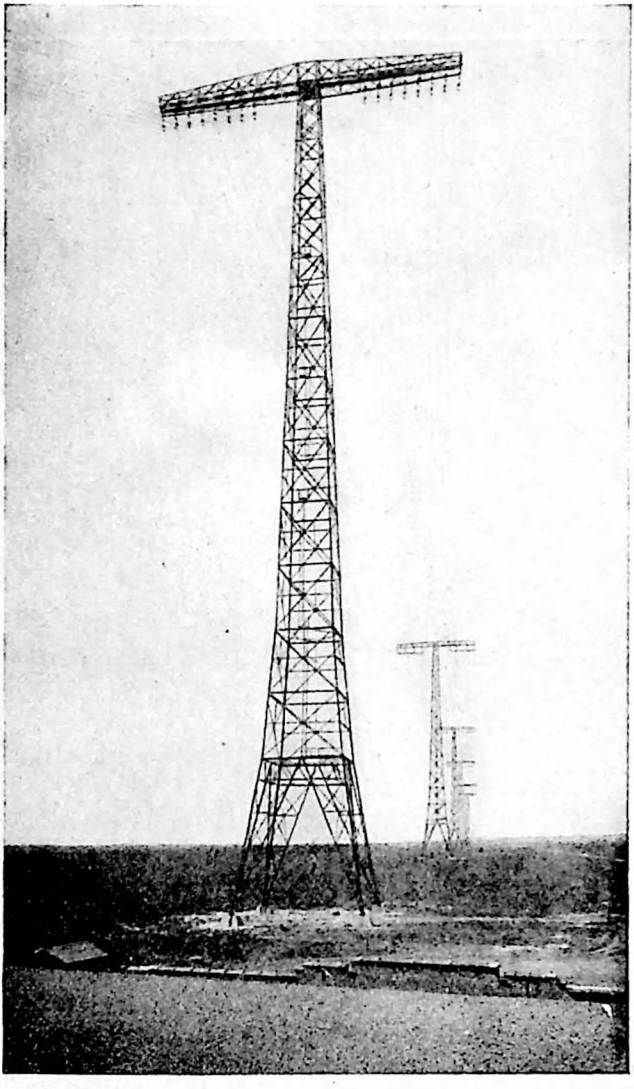
Rocky Point besitzt keine eigene Kraftanlage, sondern erhält den Betriebsstrom aus einem benachbarten Kraftwerk durch eine 23 000 Volt-Leitung zugeführt. Für jeden Strahlsektor sind zwei 200 KW-Hochfrequenzmaschinen nach dem Prinzip von Alexanderson vorgesehen.

Die Empfangsanlage bei River Head besteht aus einem Fachwerkhause. Dort werden nur die Empfangsapparate auf die ankommenden Wellen abgestimmt, während der eigentliche Empfang in der New Yorker Betriebszentrale stattfindet. Die Plätze der Funkbeamten, die den Sender und Empfänger derselben Verkehrslinie, z. B. Nauen, bedienen, sind mit ihren Apparaten an einem Tisch vereinigt, wo gesendet, empfangen, die Streifen für Schnellbetrieb gestanzt werden usw. So gehen notwendig werdende Rückfragen sehr schnell und glatt vonstatten.

Die Telegramme werden direkt von der Betriebszentrale durch eigenen Botendienst ausgetragen.

Man legt in Amerika offenbar den größten Wert auf einen guten telegraphischen Verkehr mit Deutschland, denn man hat den ersten großen Antennensektor dem Nauenverkehr zugeteilt. Damit hat Deutschland diesen großen amerikanischen Verkehr nunmehr vollständig wiedergewonnen, nachdem man es seiner Kabel beraubt hat. Vielleicht ist es

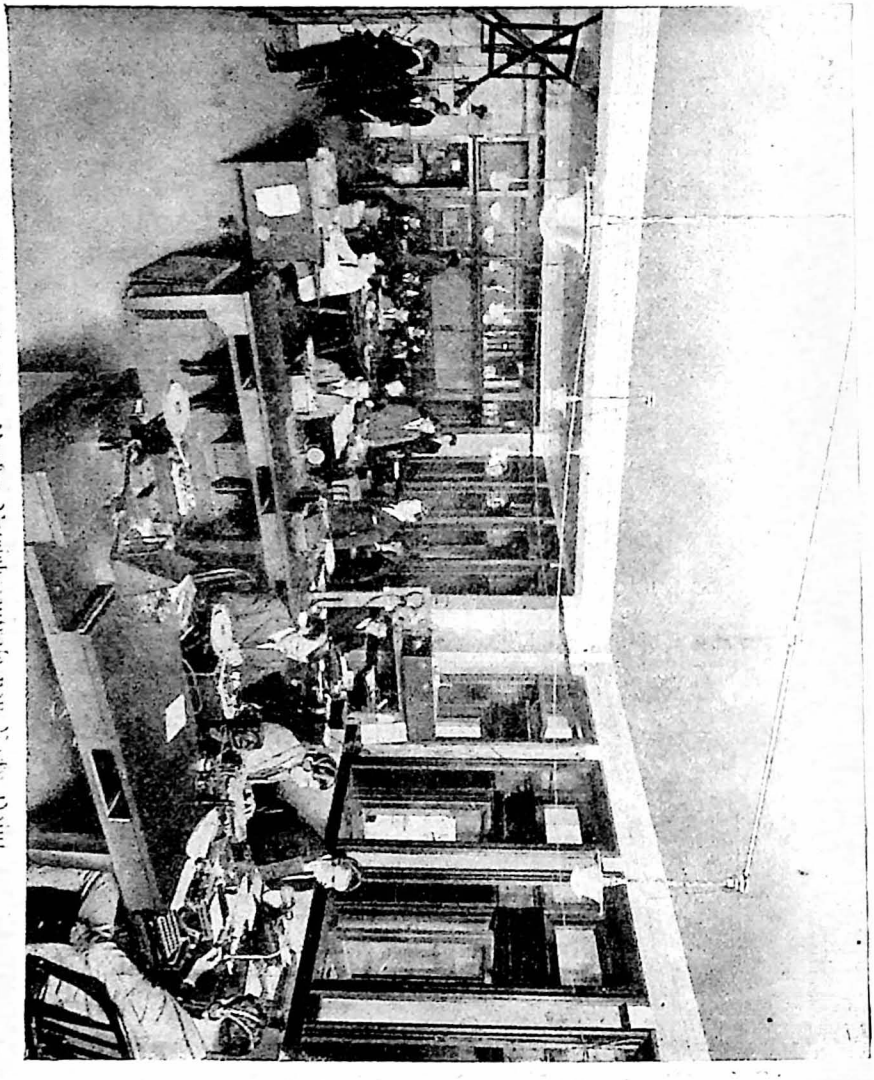
gut so, denn das hat in Deutschland der drahtlosen Telegraphie gewaltigen Anstoß gegeben und nicht unwesentlich dazu beigetragen,



Sechs Türme, eine Speiche der Rad-Antenne von Rocky Point

die wissenschaftlichen und technischen Anstrengungen zu verstärken, um die drahtlose Telegraphie zu vervollkommnen und damit an der Spitze zu marschieren. Man hatte ja auch in dieser Hinsicht entsprechende Absichten im sogenannten Friedensvertrag; man wollte die deutsche draht-

lose Technik ebenso gewaltsam knebeln wie die Luftverkehrsindustrie. Das ist glücklicherweise nicht gelungen, und eine Ungeheuerlichkeit der vielen von der Entente gegen uns verübten ist unterblieben.



Blick in die New Yorker Betriebszentrale von Rocky Point

In der Steigerung des Verkehrs von Nauen über Rocky Point ist auch der mit Südamerika enthalten. Darin drückt sich auch die Annäherung Deutschlands an Lateinamerika aus, die immer noch anwächst. In dieser Hinsicht stehen wichtige Verbesserungen bevor. Die in Monte Grande von Telefunken erbaute argentinische Großfunkstelle, die bald

vollendet sein wird, wird in erster Linie dem Verkehr mit Nauen (12 000 km) dienen. Schon jetzt ist ein provisorischer Empfangsdienst bei Monte Grande von Nauen her eingerichtet, der bisher wegen der gerade in Argentinien besonders stark auftretenden atmosphärischen Störungen unmöglich war.

Transradio

Die technische Kulturstellung des Empfängers

Die Sendeeinrichtungen, wie wir sie aus Nauen kennen lernten, sind wohl die äußerlich imponierendsten Einrichtungen einer drahtlosen Station. Aber nicht weniger technischen Geist erfordern diejenigen Apparaturen, die uns die elektrischen Wellen zugänglich machen, die weit irgendwo in der Welt ausgesandt werden. Sie fallen nicht so ins Auge, weil sie nicht so groß sind, weil für sie nicht so gewaltige Aufwendungen und Maschinen nötig sind. Die Sender sind so eingerichtet, daß sie brüllen, die Empfänger so, daß sie Flöhe auf der andern Seite der Erde husten hören. Vom Standpunkt der Entwicklungsökonomie aus betrachtet sind daher die Empfänger die weitaus feinern und höher stehenden Einrichtungen. Was bei ihnen von Haus aus erreicht ist, müssen die Sender erst noch lernen, nämlich nicht bloß in alle Welt hinauszuschreien, sondern hübsch sparsam nach der Richtung, nur dahin, wohin sie sprechen sollen. Sie spielen jetzt noch die Rolle der unkultivierten Europäer, die sich im Straßenbahnwagen so laut unterhalten, daß alle Fahrgäste es hören können, ja, daß alle Teilnehmer ihrer Unterhaltung sein müssen, während doch der kultivierte Mensch nur so laut und vernehmlich spricht, daß derjenige es versteht, an den die Worte gerichtet sind. Diese höhere Kultursprache erwarten die Sender erst noch.

Es muß daher für den technischen Feinschmecker von hohem Reiz sein, die feinen Instrumente kennen zu lernen, die technisch so vollkommen sind, daß sie auch wirtschaftsgeschichtlich auf höchster Stufe stehen. Und das sind die Einrichtungen, die jetzt noch in Geltow bei Potsdam das „Ohr von Nauen" bilden, wie ein bekannter zeitgenössischer technischer Schriftsteller sagt. Da ist es denn kein Wunder, wenn man vom Ohr nicht so viel spricht wie von dem Organ, das zum Sprechen geschaffen wurde und diese seine Fähigkeiten leider auch so übermäßig mißbraucht. Das Ohr ist eben von Natur aus ein viel ruhigerer Apparat, und darum spricht man auch nicht so viel von ihm.

Geltow — das kleine Nauen

Selbst das beste Ohr ist unfähig zu hören, was andre sagen, wenn neben ihm jemand wie ein Wahnsinniger brüllt. Es ist also auch

nicht verwunderlich, daß man in Nauen nicht hören kann, was andre Stationen ſagen, wenn Nauen ſelbſt in die Welt hinausfunkt. Die gewaltigen Ätherzuckungen, die von ſeiner Antenne ausgehen, ſtören das eigene Empfangsſyſtem. Man muß alſo ein Stück weggehen, um noch zu vernehmen, was andre von einem wollen. So wanderte man zuerſt nach Naumburg, um zu verſuchen, wie gut man dort noch hören kann, was etwa Amerika von Nauen will. Zuerſt hat man eben den Mund Nauens, den Sender, abſtellen müſſen, um zu hören, zu empfangen. Als aber die Entwicklung ſo ſtark wurde, daß dazu keine Zeit mehr war, und da man dazu andrerſeits den teuren Sender ruhen laſſen muß, damit man auch abhören kann, was die andern Stationen ſenden, ſo verſuchte man, beides zu trennen, damit man zu gleicher Zeit ſenden und empfangen kann.

Es war aber nicht notwendig, bis nach Naumburg zu gehen; ſchon viel näher ließ ſich dank der großen Fortſchritte, die die Empfangstechnik gemacht hatte, der Amerikaempfang bewerkſtelligen. So glaubte man ſchließlich, daß die Entfernung von 30 km, die Geltow bei Potsdam von Nauen hat, genügt und baute dort das kleine Nauen, die Empfangsſtelle der Weltſtation Berlin auf.

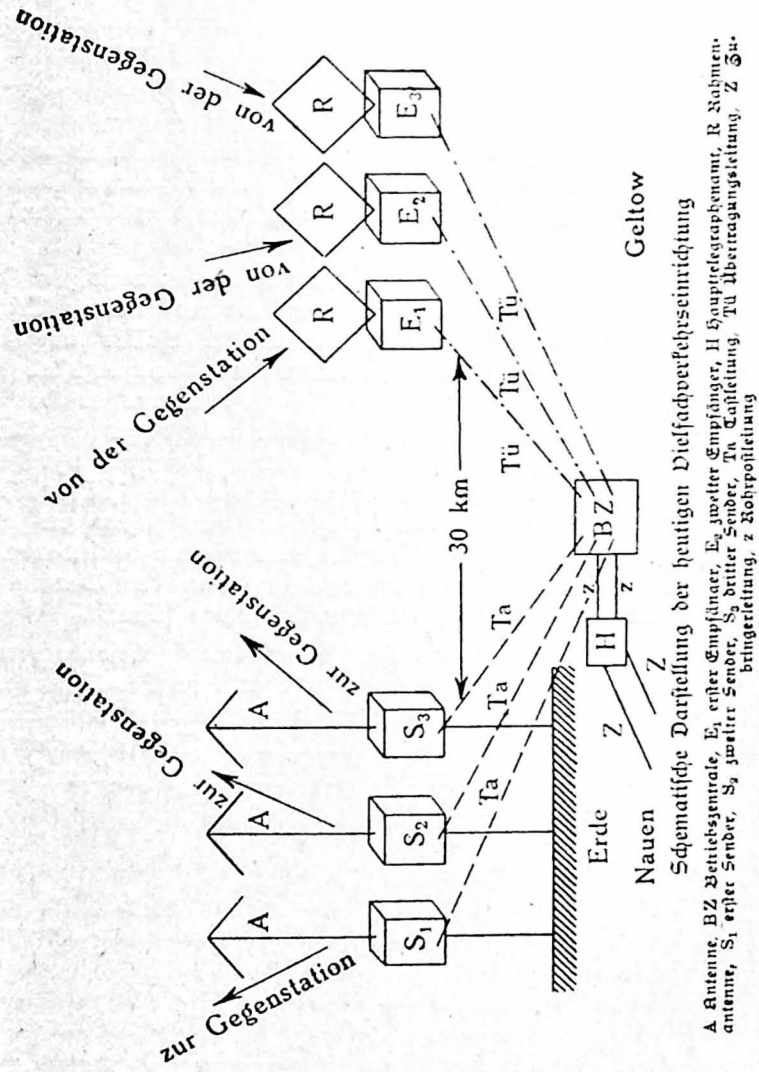
Duplexbetrieb in Geltow

Nauen und Geltow ſind Wörter, die niemand in der Welt kennte, wenn nicht die Weltſtadt Berlin hinter beiden ſtände. Auftraggeber für Nauen und Geltow iſt in erſter Linie Berlins und Deutſchlands Wirtſchaftskraft. Es war daher eine Erſchwerung, als jedes Telegramm nach Nauen telegraphiert wurde, um von dort erſt aufs neue telegraphiſch in die Welt hinausgefunkt zu werden. Es war eine zweite Erſchwerung, wenn jedes in Geltow aufgenommne Telegramm noch mals nach Berlin telegraphiert werden mußte. Dadurch entſtanden große Koſten und viel Zeitverluſt, um ſo mehr, als ja auch die großen und koſtbaren Einrichtungen viel weniger gut ausgenutzt werden konnten und ihre Leiſtungsfähigkeit durch dieſe Unzulänglichkeiten ſank.

Aber noch ein andres wichtiges trat hinzu. Es kam vor, daß aus irgend einem Grunde in Geltow nicht aufgenommen werden konnte oder die Übertragung irgendwie erſchwert war. Dann trat der unangenehme und unwirtſchaftliche Fall ein, daß die Gegenſtation ſtundenlang zwecklos in die Welt hinausfunkte. Man mußte bei der alten Organiſation vorher die Sende- und Empfangszeiten feſtlegen, und die Gegenſtation konnte ſich erſt wieder melden, wenn für ſie die Sendezeit gekommen war. Sofortige Rückfragen bei verſtümmelt oder unvollſtändig angekommnen Telegrammen waren unmöglich. Dieſer Zuſtand war auf die Dauer unerträglich.

Als erſte Maßnahme zur Abhilfe wurde Geltow die Möglichkeit zur Unterbrechung Nauens gegeben. Der Aufnahmebeamte in Geltow hatte die Möglichkeit, Nauen die Taſte aus der Hand zu nehmen und

ſelber zu geben. Zu dem Ende wurde eine Taſtleitung von Nauen nach Geltow gebaut. Durch Signal wurde Nauen von dem Beginn und dem Ende der Geltower Taſtung verſtändigt. Das Umtelegraphieren der Telegramme nach Berlin blieb aber nach wie vor noch



Schematiſche Darſtellung der heutigen Vielfachverkehrseinrichtung

A Antenne, BZ Betriebszentrale, E_1 erſter Empfänger, E_2 zweiter Empfänger, H Haupttelegraphenamt, R Rahmenantenne, S_1 erſter Sender, S_2 zweiter Sender, S_3 dritter Sender, Ta Taſtleitung, Tü Übertragungsleitung, Z Zubringerleitung, z Rohrpoſtleitung

beſtehen und bildete natürlich eine neue Quelle von Verſtümmlungen und Fehlern, die Zeit und Geld koſteten.

Die Betriebszentrale in Berlin

Der entſcheidende Schritt zu einer vollkommnen Behebung aller Schwierigkeiten war die Errichtung der Betriebszentrale in Berlin, die

in engster Fühlung mit dem Berliner Haupttelegraphenamt arbeitet. Man entfernte aus Nauen und Geltow alles Funkpersonal, baute Tastleitungen von Nauen nach Berlin und Übertragerleitungen von Geltow nach Berlin und vereinigte den Sende- und Empfangsbetrieb in der Betriebszentrale Berlin. Die Nauener Sender werden nun von Berlin aus getastet, und die in Geltow aufgenommnen Empfangszeichen ohne Zwischenlandung nach Berlin übertragen und dort aufgenommen. Dadurch wird auch Funkpersonal erspart.

Die nicht am Transradioschalter in Berlin, Haupttelegraphenamt, der durch Rohrpostleitung mit der Betriebszentrale verbunden ist, aufgegebnen Telegramme aus Berlin oder dem Reich müssen allerdings der Betriebszentrale zutelegraphiert werden.

Der Betrieb der Zentrale gliedert sich in die notwendigen Operationen. Es ist ein Stanzraum vorhanden, wo auf kleinen Tischen die automatischen Lochapparate von Siemens & Halske aufgestellt sind. Dort werden die von der Verteilungs- und Buchungsstelle zugeführten Telegramme gestanzt. Im Telegraphieraum werden sie durch die Siemens-Schnelltelegraphen getastet und damit in Nauen der Sender gesteuert. Auch hier sind wieder Kontrollmaßnahmen vorgesehen, die die Güte der von Nauen ausgesandten Zeichen überwachen. Während die Sendebeamten geben, empfangen zur gleichen Zeit ihre Kollegen an den Empfangstischen von denselben Stationen. Das geschieht mittels Fernhörer, in denen der Beamte die Zeichen abhört und „blind" in die Schreibmaschine schreibt.

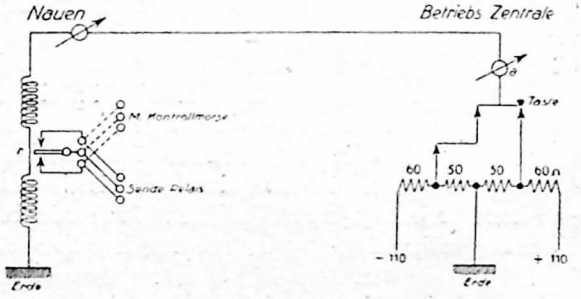
Die zur Abgabe durch die Großstation Eilvese besonders nach Amerika bestimmten Telegramme werden durch Hughes-Linien nach Hagen telegraphiert. Von Hagen, das 8 km nördlich von Eilvese liegt, wird der Sender in Eilvese getastet. Von Eilvese werden der Hauptsache nach Pressetelegramme und Telegramme zu halber Gebühr bearbeitet.

Der Mehrfachbetrieb der Betriebszentrale

Mit der geschilderten Einrichtung war es nur möglich, mit einer Gegenstation im Duplexbetrieb zu verkehren. Da Transradio eine ganze Reihe andre Stationen, Sende- wie Empfangsanlagen, besitzt, ist man dazu übergegangen, alles zu einem straffen Betrieb in der Berliner Betriebszentrale zusammenzufassen. Augenblicklich sind in Nauen zu gleicher Zeit drei Senderanlagen mit ihren Antennen im Betrieb, während Geltow mit sieben Stationen gleichzeitig empfangen kann. Das alles wird von Berlin aus dirigiert. Aber damit sind die technischen Möglichkeiten noch nicht erschöpft. Der umfangreiche Neuausbau Nauens wird bald ermöglichen, dort 8 bis 9 Stationen in Betrieb zu nehmen. Wie sich dann der Betrieb schematisch abwickelt, zeigt unser schematisches Bild auf Seite 125.

Um die vorhandnen Tastleitungen für möglichst viele Sender auszunutzen, wurde die Schaltung so getroffen, daß für jeden Sender nur ein Draht und die Erde als Rückleitung verwendet wird. In der Betriebszentrale wird der Taststrom, der etwa 15 Milliampere beträgt, unmittelbar dem Netz von 220 Volt entnommen; durch entsprechend bemessne Widerstände liegt an der Tastader eine Spannung von 50 Volt. Bei ruhender Taste ist die Leitung auf Ruhestrom geschaltet, während die Betätigung der Relaiseinrichtung in Nauen durch entgegengesetzt gerichteten Strom erfolgt. An dem Ausschlag der in jede Tastleitung in der Betriebszentrale und in Nauen eingeschalteten Milliamperemeter läßt sich bei ruhendem Betrieb immer erkennen, ob die Tastleitung in Ordnung ist.

Man ist dabei, neue Hilfsmittel zu erproben, um die Verzögerung zu vermeiden, die sich aus dem zur Verfügung stehenden Guttaperchakabel in Verbindung mit der Potentiometerschaltung ergibt. Trotzdem ist man bereits jetzt in der Lage, 130 Wörter in der Minute zu funken, die sowohl tadellos gesendet wie empfangen werden können. Diese Leistung ist bisher anderwärts unerreicht.



Schematische Darstellung der Tastleitung Betriebszentrale — Nauen

In Nauen sind Einrichtungen geschaffen, um die Güte der von der Betriebszentrale gesteuerten Zeichen zu beobachten, und in Geltow ist ebenfalls ein Kontrollbeamter tätig. Diese können sofort Reserven in Betrieb setzen, wenn sich irgendwo Mängel zeigen.

Geltow — das Transradio-Ohr

Als Amerika die Aufnahme des Verkehrs mit Nauen wünschte, mußte die Empfangsanlage in Geltow ganz schnell errichtet werden. Sie hatte daher nur behelfsmäßigen Charakter und war ursprünglich in einem Möbelwagen untergebracht. Nur die große Rahmenantenne von 40 m Seitenlänge, die als auf die Spitze gestelltes Riesenquadrat an einem großen Holzmast hängt, befand sich außerhalb des Möbelwagens. Dieses Interimistikum wurde schließlich beseitigt und ein solideres Holzhaus errichtet, das noch jetzt dort steht. Ob es ständig dort bleiben wird, ist fraglich, denn man ist noch immer dabei, die Empfangsgüte an den verschiedensten Stellen zu erproben. Es hat sich aus den Versuchen Dr. Esaus, des Empfangsspezialisten

Telefunkens, der in Argentinien beim Bau einer Großstation tätig ist, ergeben, daß an verschiednen Stellen, die vielleicht 200 km auseinander liegen, die Empfangsbedingungen wesentlich voneinander abweichen können. Auch hier hat man gleiches beobachtet. Zu manchen Zeiten ist der Amerikaempfang in Geltow sehr erschwert, ja unmöglich, während zu gleicher Zeit in Hagen bei Hannover, der Empfangsstation von Eilvese, ausgezeichnet empfangen wird. Man wird deshalb für Berlin wahrscheinlich mehrere Empfangsanlagen an verschiednen Stellen bauen.

Während in Nauen große Maschinen laufen, herrscht in Geltow eine geradezu unheimliche Stille. Man sieht im Raum des Betriebsgebäudes nichts weiter als große eiserne Schränke, die mit den im Innern desselben Raumes aufgestellten Empfangsrahmen durch ein paar Drähte verbunden sind. Kein dienstbarer Geist ist sichtbar. Ein einziger Beamter ist tätig, allerdings einer von hervorragender Qualität, als Aufnahmefachmann, damit er in der Lage ist, Beanstandungen der Berliner Betriebszentrale sofort zu beheben oder anderweit für Abhilfe zu sorgen.

Für jede aufzunehmende Station ist ein bestimmter Empfangsapparatesatz vorhanden, der in einem eisengepanzerten Schrank untergebracht und für die entsprechende Sendewelle eingestellt ist. Innerhalb des Schranks sind die einzelnen Kreise etagenförmig angeordnet und durch eisenbeschlagne Zwischenwände voneinander geschieden. Die eisernen Zwischenlagen gestatten eine sehr lose Kopplung der einzelnen Kreise miteinander. Damit die Einwirkungen störender Einflüsse von außen auf ein Mindestmaß beschränkt sind, sind auch die zur Speisung der Verstärkerröhren notwendigen Akkumulatoren ebenfalls in dem Schrank untergebracht. Die Eisenpanzerung hält von außen jede störende Einwirkung fern. Das Innere eines solchen Schrankes ist für elektrische Wellen von außen ein unerreichbares, ein neutrales Gebiet.

In dem Apparateraum wird kein Wechselstrom verwendet, sondern eine vorhandne Akkumulatorenbatterie speist alle speisebedürftigen Apparate, Lampen usw. mit Gleichstrom. So werden Induktionseinwirkungen auf die Rahmen und damit Störungen von vornherein vermieden. Alle Rahmen für den Empfang der verschiedensten Stationen stehen einträchtig beieinander, ohne sich in ihren Funktionen gegenseitig zu stören.

Die in Geltow aufgenommnen Zeichen werden gleich so verstärkt, daß sie die Betriebszentrale in Berlin gut erreichen.

Im Sommer 1921 traten unangenehme Störungen beim Amerikaempfang auf, die zu beseitigen sehr dringend war. Es wurde deshalb eine besondre Empfangsanlage für diesen Zweck geschaffen und in einem turmartigen Bau untergebracht. Um kapazitive Erdverluste und Störungen durch Erdströme auf den eine Fläche von 16 qm fassenden

Rahmen zu vermeiden, iſt dieſer in einem Abſtand von 6 m vom Erdboden über den Empfangsgeräten angeordnet. Die Empfangsgeräte ſind in einem mit vierfacher Eiſenbekleidung umſchloſſnen Raum untergebracht. Auch hier ſind die Zugänge von der Sendeſtation Nauen abgewandt, damit auch nur vorübergehende Störungen beim Betreten des Raumes vermieden werden.

Wie funkt man nach Amerika?

Welchen Lauf ein Telegramm nimmt, das irgendwo in Deutſchland zum Senden durch Funkbetrieb nach Amerika gehen ſoll, ſei kurz beſchrieben; ebenſo die Antwort von dort auf demſelben Wege hierher. Der Abſender liefert ſein Telegramm mit dem Leitvermerk „via Transradio" auf irgend einem deutſchen Poſtamt, z. B. Frankfurt a. M., durch Boten auf oder benutzt die Fernſprechleitung. In Frankfurt befindet ſich eine von 8 Uhr früh bis 10 Uhr abends geöffnete Funkſtelle des Reichsfunknetzes, das zur Beſchleunigung von Überſeetelegrammen an die Funkabteilung des Haupttelegraphenamts Berlin für die reichseignen Funklinien in den Dienſt geſtellt iſt. In Orten, wo eine ſolche Funkverbindung nicht beſteht, werden die Telegramme auf den Telegraphenlinien nach dem Haupttelegraphenamt Berlin befördert und, da ſie als Transradio-Telegramme gekennzeichnet ſind, aus dem großen Betriebe des Haupttelegraphenamts der Funkabteilung dieſes Amts zugeführt. Das auf der Funkabteilung des Haupttelegraphenamts eingetroffne Telegramm wird nach erfolgter Buchung und Prüfung auf Richtigkeit und Wortzahl und ob es den ſonſtigen Vorſchriften entſpricht, durch Rohrpoſt der Verteilungsſtelle der Betriebszentrale zugeführt. Hier durchläuft es den bereits beſchriebnen Weg, wird von der Betriebszentrale aus durch den Sender in Nauen mit der Verkehrswelle 2B 13000 m ausgeſtrahlt und in Riverhead, der Empfangsanlage der Radio Corporation of America, die der Anlage in Geltow entſpricht, aufgenommen. Die auf der Inſel Long Island, etwa 100 km von New York entfernt liegende Station Riverhead verwendet in Gegenſatz zu den Transradio-Anlagen langgeſtreckte Empfangsantennen von etwa 15 km Länge. Von Riverhead wird das Telegramm durch Übertragerleitungen nach dem Centraloffice der Radio Corporation in New York, 64 Broad Street, geleitet, die es dem Bureau einer privaten Telegraphengeſellſchaft zur Übermittlung an den Empfänger, oder, falls für New York beſtimmt, durch eigne Boten dem Empfänger zuſtellt.

Unſer Bild ſtellt ebenfalls den Weg der Antwort aus Amerika hierher dar. Dort wird das Telegramm von Rocky Point, der Sendeanlage der Radio Corporation, die ebenfalls auf Long Island bei Port Jefferſon, und zwar 60 km von New York entfernt liegt, nach Geltow gefunkt. Der Radio Corporation ſtehen außer dieſer Sendeanlage noch die Stationen Tuckerton, Marion, New Brunswick für

den drahtlosen Verkehr nach Deutschland zur Verfügung, die alle von dem Centraloffice aus gesteuert werden.

Man erkennt, daß der gesamte Lauf solcher drahtlosen Telegramme in seiner Einrichtung und technischen Grundlage außerordentlich kompliziert ist. Es gibt kaum einen Betrieb, dessen geistige Grundlagen so modern und so durchgearbeitet sind wie der drahtlose telegraphische Verkehr, in dem so viel geistiges Kapital investiert ist.

Die Radiogroßstation Eilvese

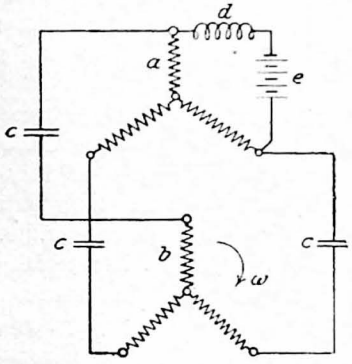
Der „Spieglungs"generator

Die interessanteste und eleganteste Lösung, einen Wechselstromgenerator für Hochfrequenz zu konstruieren, hat Rudolf Goldschmidt gefunden. Zur Erläuterung sei folgendes voraufgeschickt. Ein Drehstrominduktionsmotor mit dem Stator a und dem Rotor b sei wie das 1. Bild geschaltet, d. h. die Schleifringe des Rotors seien mit den Statorklemmen elektrisch verbunden. Der Stator wird mit Gleichstrom aus der Batterie e beschickt; an dem Übertritt des Stromes in dem Rotor hindern ihn die Kondensatoren c. Die Batterie wird durch eine Drossel d gegen Wechselstrom geschützt. Bei Drehung des Rotors mit der Winkelgeschwindigkeit ω (auf zweipolige Wicklung bezogen) entstehen in a Ströme der Frequenz f, die über die Kondensatoren in die Statorwicklung fließen und hier ein Drehfeld hervorrufen. Dieses läuft selbst mit der Winkelgeschwindigkeit ω um, und zwar muß die Zusammenschaltung von Rotor und Stator derart sein, daß das Drehfeld rückwärts rotiert und somit verhältnismäßig zum Rotor die Winkelgeschwindigkeit 2ω bekommt. Dann entstehen im Rotor Ströme von der Frequenz 2f, die wieder in den Stator gelangen und Drehströme von 3f erzeugen. So setzt sich das weiter fort, und theoretisch sollten schließlich durch selbsttätige Transformation unendlich hohe Frequenzen entstehen. Grundsätzlich wird also die Energie zwischen Stator und Rotor hin und hergeworfen, gespiegelt. In der Praxis geschieht das folgendermaßen.

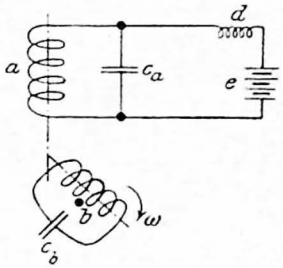
Die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine

Stator und Rotor eines Einphasen-Wechselstromerzeugers sind sinngemäß völlig gleich (2. Bild). Der Rotor wird durch einen Kondensator c_r kurzgeschlossen, der Stator durch c_s. Dieser wird durch Gleichstrom erregt, so daß in b die Frequenz f pulsiert. Wenn bei stillstehender Maschine im Rotor ein Wechselstrom von der Frequenz f fließt, so entsteht wie in jedem ruhenden Wechselstromtransformator in der Statorwicklung eine elektromotorische Kraft von derselben Frequenz. Da nun aber außerdem der Rotor synchron mit der Periode

des Wechselstroms umläuft, muß die Periodenzahl der im Stator induzierten elektromotorischen Kraft den Wert 2 f besitzen. Es braucht übrigens nur daran erinnert zu werden, daß ein gewöhnliches Wechselfeld in zwei im entgegengesetzten Sinne umlaufende Drehfelder zerlegt werden

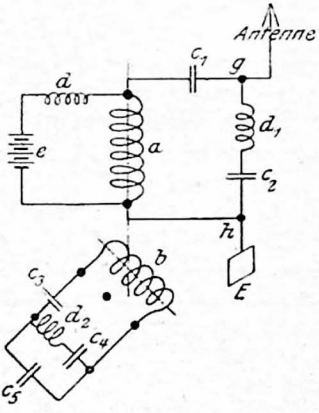


Schaltung eines Reflexionsgenerators mit elektrischen Verbindungen, Verbindungen zwischen Läufer und Ständer



Schema der Schaltung in der Goldschmidt-Maschine

kann. Betrachtet man nunmehr b als das Primäre und denkt sich das durch den Rotorstrom entstehende Wechselfeld in zwei mit der Geschwindigkeit ω in einander entgegengesetzten Richtungen im Verhältnis zum Rotor umlaufende Drehfeldkomponenten zerlegt. Eine dieser Komponenten steht im Raum still und bildet die Rotorreaktion auf das durch Gleichstrom erzeugte Statorfeld. Die zweite Komponente rotiert im Raum mit der Geschwindigkeit 2 ω, also der Eigen- und der Rotorgeschwindigkeit, und erzeugt im Stator Ströme von der Frequenz 2 f. Diese Ströme lassen sich wieder in „Reaktions"- und „Aktions"-Komponenten zerlegen. Die letzterwähnte bringt im Rotor Ströme der Frequenz 3 f hervor. So spiegelt sich die Energie zwischen der festen und der umlaufenden Wicklung wie Licht zwischen einem feststehenden und einem rotierenden Spiegel, bis sie in einem Nutzwiderstande Arbeit leistet. Bei dieser Anordnung werden die Ströme durch Induktion von der primären auf die sekundäre Wicklung zurückgeführt, nicht durch elektrische Verbindungen, wie im vorangehenden Bilde dargestellt.



Schaltung der Goldschmidt-Maschine für vielfache Grundfrequenz

Die Frequenzsteigerung geht nach arithmetischer Reihe vor sich. Es ist selbstverständlich, daß bei jeder Stufe Verluste auftreten, so daß es wirtschaftlich eine Grenze gibt, die mit der drei- bis vierfachen Erhöhung erreicht ist. Aber da jede vorhergehende Stufe als Erreger für die folgende dient, erfolgt in jeder Stufe Umsetzung mechanischer in Hochfrequenzenergie; die Verluste sind daher geringer, als wenn sich die Umsetzung von elektrischer in elektrische Energie vollziehen würde.

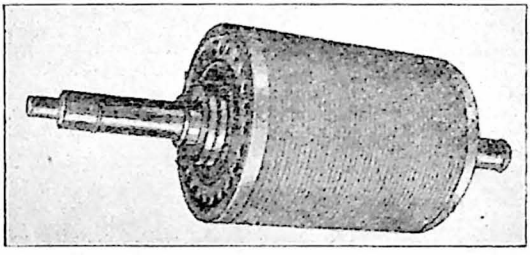
Die Frequenzsteigerung erfolgt nicht etwa in der Weise wie beim Einphasen-Wechselstromgenerator durch die Rückwirkung von Feld und Anker aufeinander, wobei nebenher höhere harmonische Wellen von der Grundwelle der Maschine entstehen. Sondern hier wird fast alle Energie in die höheren Frequenzen umgesetzt. Allerdings müssen die nicht gewünschten niedern Frequenzen, die „toten", in kurzgeschlossnen, d. h. resonierenden, Kreisen fließen, und nur die zu verwendende Frequenz darf der Antenne als dem Nutzwiderstand zugeführt werden. In dem Maße, wie das unvollkommen ist, zeigen sich auch Oberwellen und damit Energieverluste. Auch die Meinung, daß jede Frequenz Eisenverluste bedingt, ist irrig, denn tatsächlich heben sich die Aktions- und Reaktionskomponenten der folgenden Frequenzen fast auf, so daß nur der Eisenverlust für die Nutzfrequenz in voller Höhe auftritt, von den vorangehenden Frequenzen jedoch nur geringe Teilbeträge.

Eine Schaltung für die vierfache Grundfrequenz zeigt das 3. Bild. Der Stator a werde über die Drosselspule d mit Gleichstrom erregt. Die Rotorströme von der Periodenzahl f fließen dann auf dem abgestimmten Wege $b - c_3 - d_2 - c_4 - b$. Der Kondensator c_3 ist so abgeglichen, daß er die Selbstinduktion von b aufhebt, während d_2 und c_4 bei f Perioden grade in Resonanz sind. Die im Stator hervorgerufnen Ströme von 2 f Perioden fließen über c_1 (das auf die Selbstinduktion von a abgeglichen ist), d_1 und c_2. c_2 und d_1 sind in sich auf eine Eigenschwingung mit 2 f abgeglichen. Die Rotorströme von der Frequenz 3 f fließen über das ebenfalls abgestimmte c_5. Nutzbar sollen die Ströme mit 4 f verwendet werden, und diese können zwischen den Punkten g und h rein abgenommen werden. Da $d_1 - c_2$ für 4 f verstimmt sind, so fließt durch diesen Nebenschluß zur Antenne nur ein äußerst kleiner Strom vierfacher Frequenz. Diese beiden Hilfsapparate sind aber auf 2 f scharf abgestimmt, so daß zwischen g und h praktisch keine Spannung von 2 f Perioden herrscht. Bei dieser Schaltungsweise ist beachtenswert, daß z. B. das Hinzufügen von c_5 die Resonanz für f im Rotorkreise nicht stört, ebensowenig wie die Einschaltung der Antenne die Resonanz im Stator beeinflußt. Das liegt an den auf die Wicklungen abgestimmten Kondensatoren c_1 und c_3, die bewirken, daß die Kreise in Resonanz bleiben, gleichgültig, ob nun $d_1 - c_2$ oder $d_2 - c_1$ kurzgeschlossen oder offen sind.

Die erſten Goldſchmidtmaſchinen

Die erſte Goldſchmidtmaſchine lieferte bei 10 000 m Wellenlänge 12½ kW, bei 5000 m 8 bis 10 kW. Sie arbeitete auf der drahtloſen Station Eberswalde der C. Lorenz A.-G. Berlin. Im erſten Falle betrug der Wirkungsgrad 30%. Der Maſchine wird als beſondrer Vorteil nachgerühmt, daß man ihr durch einfache Umſchaltung eine große Zahl Frequenzen entnehmen kann.

Es iſt ſelbſtverſtändlich, daß die Ausbildung der Goldſchmidtſchen Maſchine ſich über eine ganze Reihe Jahre erſtreckte. Von der erſten Konzeption der Erfindung bis jetzt ſind ſchon Jahrzehnte verfloſſen, und dennoch ſtammen die erſten Patente erſt aus dem Jahre 1908. Der Erfinder hatte Mühe, ſie zu verwirklichen, denn die Funken- und Lichtbogentelegraphie waren damals auf der Höhe und ſchienen andre Syſteme überflüſſig zu machen. Durch Vermittlung des Reichsmarineamts intereſſierte ſich jedoch die C. Lorenz A.-G. für die Angelegenheit, und ließ die Goldſchmidtſche Konſtruktion ausführen. Die erſte Maſchine war im Sommer 1910 betriebsfertig. Die Gedankengänge, die zu ihrem Aufbau führten, waren aus den Wegen abgeleitet, die Tesla und Alexanderſon eingeſchlagen hatten. Goldſchmidt ſagte ſich, daß die Polteilungen, wenn die Maſchine dimenſionierbar bleiben ſoll, nicht unter 5 mm ſein dürfe, da ihre Leiſtung von den Abmeſſungen abhängt. Gleichzeitig iſt aber auch die größtmögliche Umfangsgeſchwindigkeit gegeben. Dieſe beiden Größen zuſammen beſtimmen eindeutig die Frequenz, die Schwingungszahl, und es ergibt ſich dann, daß die größtmögliche Frequenz, die man einer praktiſch ausführbaren und wirklich leiſtungsfähigen Maſchine direkt entnehmen kann, etwa 10 000 in der Sekunde iſt. Da dieſe Grundfrequenz für die Zwecke der drahtloſen Telegraphie aber zu niedrig iſt, mußten eben noch Mittel gefunden werden, um ſie zu vervielfältigen, und das gelang Profeſſor Goldſchmidt durch die beſchriebne ſinnreiche Schaltung, die die Vervielfachung der Grundfrequenz in der Maſchine ſelbſt durchführte. An ſich iſt dieſes Prinzip gut, wenn man feſte Grundwellen erzielen will; denn es iſt klar, daß die Frequenztransformatoren der Gefahr, unnötige Oberwellen zu erzeugen, grundſätzlich ſchon deshalb in viel höherm Maße ausgeſetzt ſind, weil ſie auf dem Prinzip der Filtration von Oberwellen beruhen.



Rotor der Goldſchmidt-Hochfrequenzmaſchine

Die Konstruktion der Goldschmidtmaschine

Im Gegensatz zur Alexandersons- und zur Telefunkenmaschine ist die Goldschmidt-Maschine ein Asynchron-Generator, der also sowohl eine Stator- wie eine Rotorwicklung besitzt.

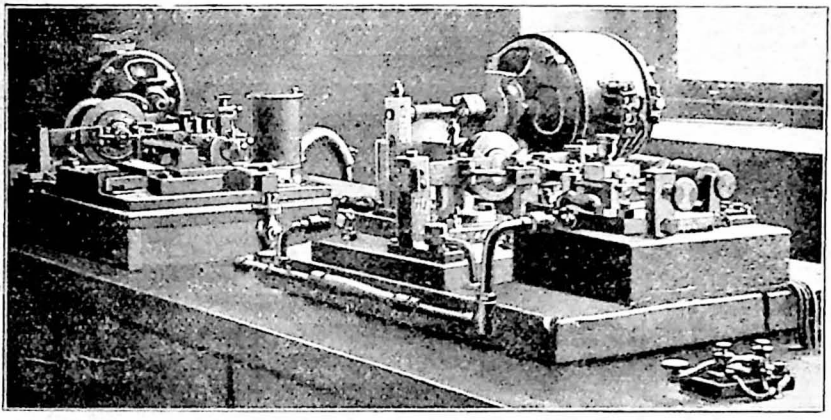
Bei der Konstruktion der Goldschmidtmaschine sind noch zwei Momente interessant. Einmal der Lamellenaufbau der magnetischen Teile. Wegen der außerordentlich hohen Frequenzen muß das Lamellenblech so dünn wie möglich sein. Man verwandte zuerst 0,03 mm dünne Bleche, ging jedoch später zu 0,08 bis 0,1 mm starken über. Beim Zusammenpressen der Bleche macht sich der vom Stanzen herrührende Grat schon sehr unangenehm bemerkbar, indem er das feine als Zwischenlage dienende getränkte Seidenpapier angesichts der notwendig starken Pressung der Blechpakete durchschneidet und den Wirbelströmen Durchlaßwege bietet. Denn dieses muß besonders dünn sein, um das tote Material im Eisenkörper nicht zu groß werden zu lassen. Zu dem Zweck werden zwischen Gruppen von Blechen verhältnismäßig sehr dünne Zwischenstücke (Broncebleche) von solcher Gestalt eingefügt, daß sie in dem mechanisch beanspruchten Teil des Blechpakets dem Zusammenpressungsdruck unterworfen sind, den mehr magnetisch beanspruchten Teil des Blechpakets jedoch mechanisch entlasten. Man kann die unmagnetischen Zwischenstücke etwas kleiner lassen, als die Eisenblechlamellen, so daß diese sich außen etwas ausblättern können. Dadurch wird zu starke Pressung und Berührung des Grats verhindert. — Übrigens besteht im wesentlichen nur derjenige Teil des Rotors aus Lamellen, der tatsächlich magnetisch beansprucht wird, während der Kern ein massiver Zylinder ist. Die Blechpakete sind mit Schwalbenschwanz in die solide Rotorwalze eingesetzt. — Der Rotor der großen Goldschmidtmaschine hat 80 cm Durchmesser und macht 3000 Umläufe in der Minute.

Die Tastung beim Telegraphieren

Als einen einleuchtenden großen Vorteil der Goldschmidtmaschine führen die Interessenten die Art der Tastung an. Diese liegt nämlich in der Erregung. Bei Hochfrequenzmaschinen von der Induktortype ist das deshalb unmöglich, weil sie so hohe Selbstinduktion in der Erregerwicklung haben, daß diese nicht unterbrochen werden kann. Wenn man in der Erregung tastet, erreicht man in der Antenne Stromlosigkeit und für die Maschine selbst Entlastung bis zum Leerlauf. Das ist, da das Morsealphabet bis zu 50% Pausen ergibt, eine große Energieersparnis. Weiter kommt noch hinzu, daß das Tasten in der Erregung an und für sich leichter gestaltet werden kann als an irgend einer andern Stelle und ganz besonders als in der Antenne selbst. In dieser muß nämlich die gesamte Energie unterbrochen werden, während in der Erregung davon schon 5 % genügen. Dadurch

ist es auch möglich gewesen, als Tastrelais für die Goldschmidtmaschine eine aus der Kabeltelegraphie bekannte betriebssichere Vorrichtung zu benutzen, nämlich den Maschinentelegraphen von Creed. Dieser Apparat kann gewöhnlich von der Hand durch gewöhnliche Klopfertaste oder durch einen Wheatstoneschen Schnellgeber mit gestanzten Papierstreifen gesteuert werden.

Das Relais (s. das Bild) arbeitet pneumatisch. Ein zweites dient als Reserve oder wird gleichzeitig beim Senden mit zwei Maschinen und zwei verschiednen Wellen gebraucht.



Die beiden Tastrelais der Großstation Eilvese

Die Station Eilvese

Zur Verwertung der Goldschmidtschen Patente, die der C. Lorenz A.-G. gehörten, wurde die Hochfrequenzmaschinen G. m. b. H. Berlin gegründet, die zunächst die Auslandspatente erwarb. Aus ihr ging März 1911 die Hochfrequenzmaschinen A.-G. für drahtlose Telegraphie Berlin (Homages) hervor, die sich als erste Aufgabe die setzte, eine Großstation auf deutschem Boden und eine Gegenstation in den Vereinigten Staaten von Amerika zu bauen. In Deutschland wurde Eilvese, in Amerika Tuckerton gewählt. Um der Sache eine breitere Grundlage zu geben, wurde in Paris die Compagnie Universelle de Télégraphie et de Téléphonie sans fil gegründet, der 1914 die Marconi Wireless Co. nahetrat.

Auf den Bauplatz Eilvese kam man aus der Forderung heraus, daß diese neue Großstation von der See einen Abstand von mindestens 150 km haben sollte, damit der funkentelegraphische Schiffsverkehr keine Störungen erleide. Um jedoch die Vorteile eines hohen Grundwasserstandes für die Erdung zu haben, suchte man ein Moor auf. Als solches bot sich das bei Eilvese dar, das insofern noch besonders günstig ist, weil sich in seiner Mitte eine Sandinsel

befindet, die für den großen Turm (250 m), die Stations- und die Kraftanlage guten Baugrund bietet. Das Moor ist 5 m tief, hat also nach den geologischen Schätzungen ein Alter von etwa 50000 Jahren.

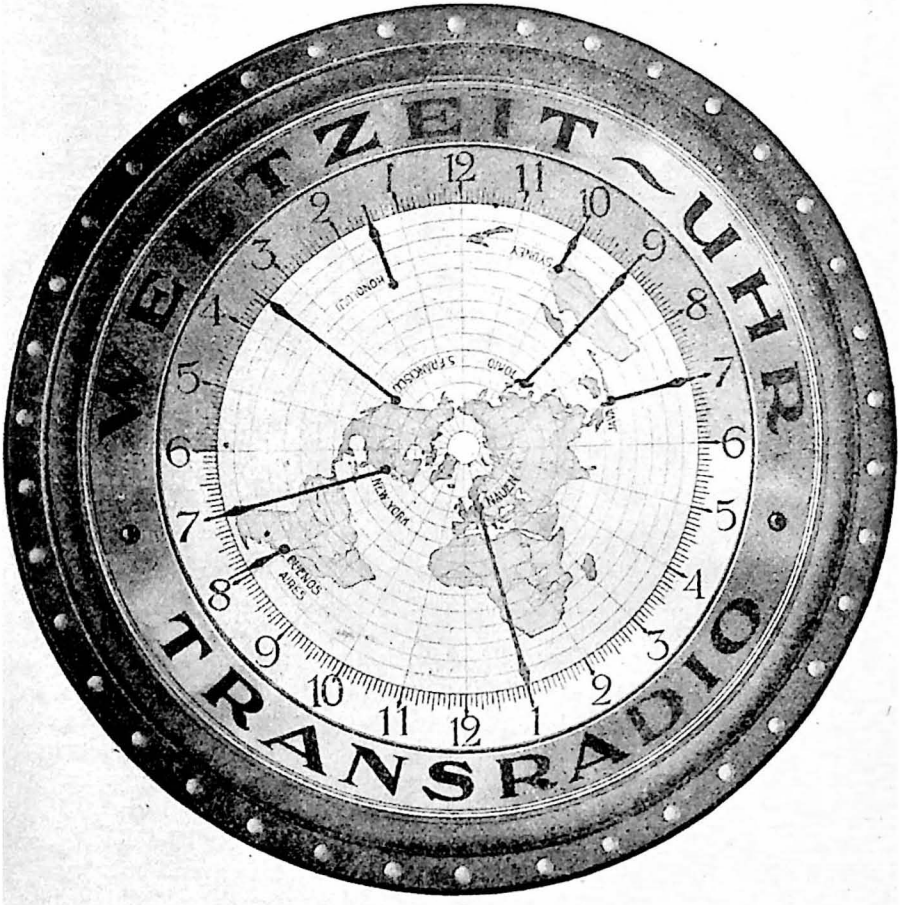
Die Kraftanlage

Der Betriebsstrom für Eilvese wird von der Weserzentrale Döverden geliefert; es ist Drehstrom von 15 000 Volt Spannung. Dieser wird auf 5000 Volt transformiert. Vom Transformator fließt er in den Umformer, einen Drehstrommotor von 600 Pferdestärken, der mit zwei Gleichstromdynamos von 440 und 220 Volt gekuppelt ist. Die 440 Volt-Dynamo dient zum Antrieb der Hochfrequenzmaschinen, während die kleinere für die andern Betriebsnotwendigkeiten verwendet wird. Um von Störungen in der Stromzuführung unabhängig zu sein, ist eine Rohölmotoranlage errichtet worden, die aus 5 Dieselmotoren zu je 200 PS, jeder mit einer Gleichstromdynamo von 220 Volt gekuppelt, besteht. Für den Sendebetrieb werden meist nur 400 bis 600 PS gebraucht, so daß immer 400 PS in Reserve sind. Selbst bei Außerbetriebsetzung von drei Maschinen ist also immer noch Aushilfe da. — Die gesamten Zu- und Ableitungen sind nach einer großen Schalttafel im Maschinenraum geführt, auf der die verschiednen Maschinen wahlweise geschaltet werden können. Dort werden auch Strom- und Tourenregulierungen vorgenommen.

Die Antenne

Die Antenne hat Schirmform. Sie wird infolgedessen von einem hohen Mittel- und einer Reihe kleinerer Türme getragen. Der Mittelturm, der ganz dieselbe Konstruktion aufweist wie die Nauener Türme, der auch von derselben Eisenkonstruktionsfirma errichtet wurde, ist 250 m hoch. Die im Ring stehenden sechs Türme sind Rendahlmaste von je 122 m Höhe. Sie stehen frei im Moor und wie üblich mit einem Gelenk am Fuß auf einer Spitze. Der Hauptturm wiegt 40 t; er ruht auf einer Halbkugel in einer Schale. Wie seine Nauener Kollegen ist auch er unterteilt. Der untre Teil ist 150 m hoch, der obre, in gleicher Weise wie der untre gelagert, 100 m. Auf 175 m Entfernung vom Hauptturm sind je drei Pardunen verankert, die ihn von der Seite aus halten. Auch diese Pardunen bestehen wie die in Nauen aus einem 6 cm dicken Bündel 40 paralleler gradliniger Stahldrähte. Sie sind an mächtigen Fundamenten verankert. Die Rendahltürme haben einen eigenartigen einfachen Aufbau. Sie werden aus Stahlröhren zusammengebaut, deren Enden flachgeschlagen sind, so daß man sie gegeneinander verschrauben kann. Senkrechte Gestänge gibts an diesen Türmen nicht, und das ist das ungewohnte an diesen Konstruktionen. Auf jedes wagrecht liegende Dreieck im Turm bauen sich sechs Stangen auf, die mit dem nächsthöhern wagrechten Dreieck ein Stockwerk bilden. Diese Türme machen den Eindruck

degenerierter Gestalten, die nicht knicksicher und stabil sind. Auch sie sind seitlich durch Pardunen verankert. Der Kreis, den sie mit dem Hauptturm als Mittelpunkt bilden, hat einen Durchmesser von 920 m. Diese sieben Türme tragen die gut isoliert an Stahlseilen hängenden Antennen, die auf Rollen über die Spitze des Hauptturms laufen. Am äußern Rande greifen an sechs Ecken wieder



Seile an, die gleichfalls über Rollen auf dem Rendahlmaste laufen. Das ganze Antennengebilde wird von sechs je 1500 kg schweren Gewichten gespannt. Wenn Sturm oder Schnee die Antenne belastet, so regulieren diese Gewichte den Durchgang ganz automatisch.

Beide Antennen sind gegeneinander sorgfältig isoliert. Beim Senden von Wellen von 7000 bis 12 000 m Länge genügt die Schirmantenne; sendet man aber Wellen von über 12 000 m Länge, dann benutzt man die Ringantenne, die sich außen längs der sechs

kleinern Türme hinzieht. Man kann also gleichzeitig mit zwei verschiednen Empfangsstationen mit abweichender Wellenlänge Betrieb machen.

Die Erdungsanlage

Die Erdanlage in Eilvese ist nach einem besonders patentierten Verfahren Goldschmidts angelegt. Man benutzt gewöhnlich als Erdnetze Leitungsnetze, die sich vom Mittelpunkt der Anlage ausstrahlenförmig ausbreiten. Für große Stationen wird daher solch Netz sehr ausgedehnt. Das hat jedoch den Nachteil, daß die langen Erddrähte eine beträchtliche Selbstinduktion besitzen, so daß der Strom gegen ihre Enden zu mehr und mehr abgedrosselt wird. Man erzielt daher mit so ausgedehnten Netzen keine wesentlich bessern Ergebnisse als mit Netzen nur bestimmter Größe. Praktisch sind nur die ersten 25 m Draht wirksam; die übrige Länge bleibt fast stromlos. Goldschmidts Erfindung besteht darin, das Erdnetz in mehrere Teile zu zerlegen und jeden Teil von dem Erdungspunkte aus durch oberirdische Zuleitungen zu speisen. Diese oberirdischen Zuleitungen dürfen nur geringe Kapazität und Selbstinduktion haben und werden infolgedessen als Reusen gebaut. Man kann diese natürlich auch in ausgehobne Gräben verlegen, damit sie als oberirdische Leitungen nicht stören. — Mit Hilfe dieses Netzes ist der Widerstand der Erdung wesentlich herabgedrückt, der Wirkungsgrad der Station entsprechend verbessert.

Vor dem Kriege diente die Station Eilvese hauptsächlich dem Verkehr mit Amerika; die dortige Gegenstation war Tuckerton. Während des Krieges hat Eilvese den spanischen Verkehr übernommen.

Die Leistungen der Großstationen Nauen und Eilvese

Es liegt auch für den Außenstehenden nahe zu versuchen, die beiden Großstationen Nauen und Eilvese ihrer Leistung, wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Bedeutung nach zu vergleichen. Die darüber in den technischen Zeitschriften gepflogenen nicht immer erquicklichen Kontroversen und die veröffentlichten wissenschaftlichen Mitteilungen lassen nicht klar erkennen, wer im Ganzen recht hat. Aber so einfach liegen die Dinge bei so komplizierten Gebilden niemals, bei denen ja nicht nur wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Momente maßgebend sind, sondern sogar auch politische Gesichtspunkte eine ausschlaggebende Rolle spielen. Ein Nachteil der Goldschmidt-Maschine gegenüber der Telefunkenmaschine ist zweifellos, daß sie wegen der Rotorschleifringe komplizierter ist, besonders aber, daß bei ihr sowohl wie bei der Alexandersonmaschine die hohe Periodenzahl in der Maschine liegt, und damit ist bekanntlich auch die Erwärmung in die Maschine verlegt, die die Telefunkenmaschine in die Transformatoren legt. In der Maschine ist die Erwärmung natürlich viel schwerer zu beseitigen als in den ruhenden Frequenzwandlern.

Vom Standpunkte des theoretischen Fortschritts ist die Telefunkenmaschine auch deshalb überlegen, weil sie die Teilung der Aufgaben vollzieht, wie das bei den Organen jedes höhern Organismus der Fall ist. Die statischen Frequenztransformatoren ruhen und können daher aus den feinsten Eisenblechen gebaut werden, da sie keiner mechanischen Beanspruchung unterliegen. Eisengröße und Konstruktionsform unterliegen keiner andern Bedingung als der des günstigsten Wirkungsgrades. Daher ist die Arco-Maschine billiger und betriebssicherer. Tatsächlich ist sie im Betrieb von einer beispiellosen Unverwüstlichkeit, denn das hat sie in den schweren Betriebsperioden des Krieges und der nachfolgenden Jahre gezeigt. Vorteilhaft ist ferner, daß bei einem etwaigen Blitzschlage in die Antenne die Frequenztransformatoren als bester Blitzschutz für den kostbaren Generator wirken.

Wenn man sich ein objektives Bild zu machen versucht, dürfte man wohl zu der Ansicht kommen, daß ein Vergleich unmöglich ist, daß jedoch beide Anlagen einen außerordentlich hohen Grad wissenschaftlich-technischer Leistung darstellen, bei denen einzelne Teile Vor- und Nachteile gegeneinander haben mögen, daß sich die Gesamtanlagen aber vielleicht gleichwertig sind. Tatsächlich liegen doch die Dinge so, daß Nauen ganz andre Aufgaben, z. B. Kriegsaufgaben ganz spezieller Art, zugewiesen bekam, als Eilvese, daß Nauen zugleich auch ein Schaustück geworden ist, während Eilvese seiner Entstehung nach gleich etwas andern Charakter hatte. Ich möchte wohl behaupten, daß wir froh sein können, wenn wir beide haben. Beide werden sich zweifellos im Wettstreit aneinander hochziehen. Und da wir ja keine Überseekabel mehr besitzen, ist es gut, daß uns grade für den Weltverkehr zwei so überragende Stationen zur Verfügung stehen.

Die Empfangsanlage

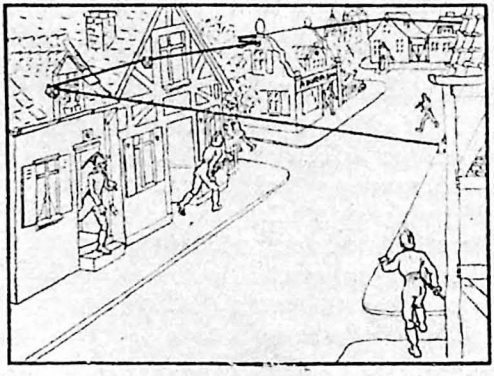
Um die Wirtschaftlichkeit der Anlage Eilvese zu heben, strebte man weiterhin an, von Eilvese aus nicht nur gleichzeitig mit verschiednen Wellenlängen zu senden, sondern während der vollen Sendearbeit gleichzeitig auch Telegramme von der Gegenstation zu empfangen. Man hat in solchen Fällen bisher die Empfangsstation in wenigstens 30 km Entfernung vom Sender eingerichtet, um von dem eignen Sender frei zu kommen. Eilvese dagegen hat die eigne Sendestation in der Entfernung von 5 km bei Hagen. Auch dort sind selbstverständlich die Eilveser Wellen noch außerordentlich stark. Aber man umging die Einwirkung Eilveses auf Hagen dadurch, daß man die Antenne genau rechtwinklig zu Eilvese orientierte. Hagen besitzt zwei 5 km lange Antennen, die aus je zwei langgestreckten Drähten 20 und 10 m hoch in der Luft bestehen. Die von Eilvese kommenden Wellen treffen diese Drähte so, daß sie ihre Wirkung auf das Antennengebilde aufheben. Unter diesen Umständen gelingt

es, die amerikaniſche Station New Brunswick, wo die Alexanderſon-Maſchine arbeitet, ungeſtört zu empfangen, während zu gleicher Zeit nicht nur Eilveſe, ſondern auch Nauen ſendete, wobei die empfangne Welle (13 300 m) zwiſchen den beiden Sendewellen (13 000 und 14 600 m lag.

Zum Kapitel: Moderne Feuermelder

Unzweckmäßiger Feueralarm

Das Feuertuten ruft Tauſende Menſchen zuſammen (die nur ſtören), um die wenigen freiwilligen Feuerwehrleute zur Stelle zu ſchaffen

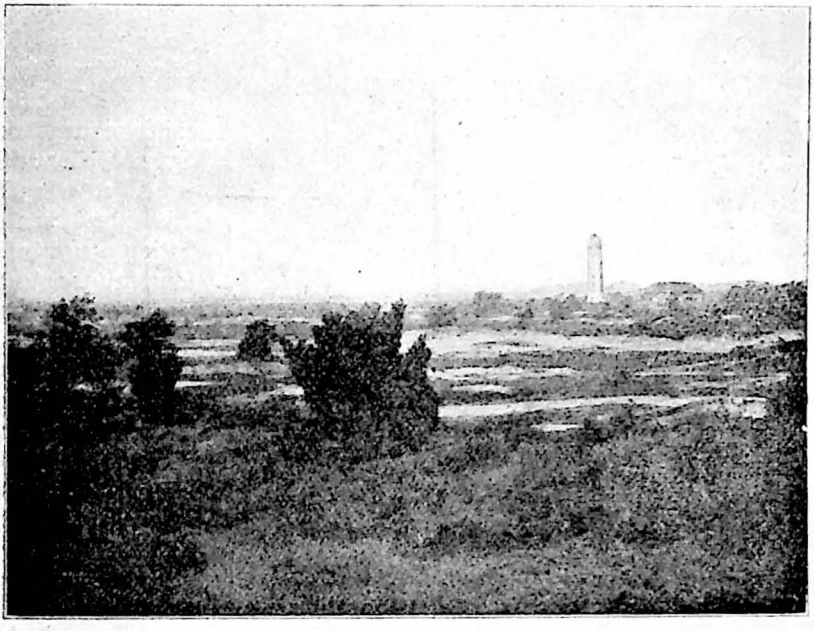


Zweckmäßiger Feueralarm

Der Feueralarm ruft nur die Freiwilligen zuſammen und läßt die übrige Bevölkerung ungeſtört. Die Alarmierung erfolgt direkt und ſchnell

Die Großstation Assel in Holland
und ihre
Gegenstation Malabar auf Java

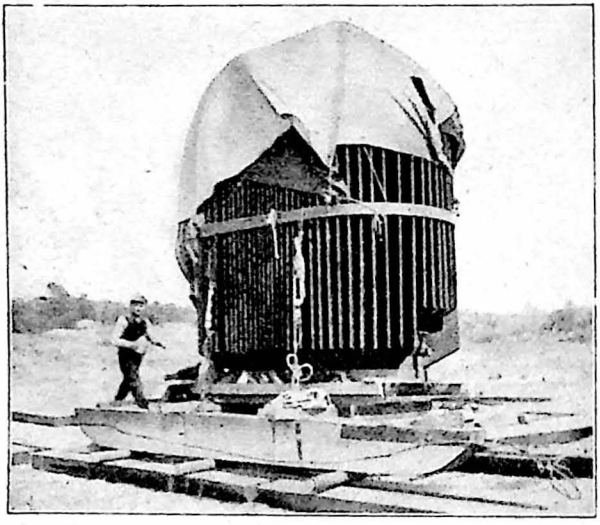
Der politische und wirtschaftliche Mißbrauch Englands mit seinem Kabelmonopol hat den andern Staaten die Notwendigkeit vor Augen geführt, sich von dem Wohlwollen dieses Staates unabhängig zu



Das Gelände der holländischen Großstation Kootwijk

machen, soweit sich das irgend möglich machen läßt. Sie sinnen daher darauf, wie sie das am besten tun können, und einer nach dem andern legt sich eine drahtlose Großstation zu, mit der er imstande ist, seine Angelegenheiten selber in die Welt hinauszubringen. Von den Staaten war besonders Holland schlecht dran, da es weit draußen große und wertvolle Kolonien besitzt, mit denen es nicht verkehren konnte, ohne daß England alles kontrollierte. Der Verkehr und der Besitz der indischen Kolonien schwebte daher für Holland vollkommen in der Luft. Davon sucht sich dieses Land insofern unabhängig zu machen, daß es sich eine Großstation ersten Ranges zulegt, die von Telefunken erbaut, und mit einem großen Maschinensender ausgerüstet wurde. Der

gewaltige Bau, der eine wahre Symphonie in Eisenbeton und Glas darstellt und nach den Entwürfen des Architekten J. Luthmann ausgeführt wurde, ist ein kleines Nauen geworden; er wurde in der Nähe des Ortes Assel auf dem Kootwijkschen Sande errichtet. Sechs Masten von je 210 m Höhe tragen eine Sechseck-Antenne, in der 400 KW Energie schwingen. Das Hauptgebäude wurde in Eisenbeton ausgeführt, wofür die holländischen Architekten eine eigne monumental wirkende Ausdrucksform gefunden haben, deren Gesamtwirkung noch durch die einsame Heidegegend, in der die Station liegt, erhöht wird. Auch bei den Turmverankrungen (siehe Bild) ist der Versuch zu sehen, die äußre Formgebung der Mastabspannfundamente in Übereinstimmung mit ihrem Gebrauchszweck zu bringen. Die zur Sendestation gehörende Empfangsanlage liegt etwa 60 km entfernt in der Nähe des kleinen Dorfes Sambeek. Diese Anlage, die auch nach den Plänen der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie erbaut wurde, ist schon seit längrer Zeit in Betrieb und dient vorläufig zum einseitigen Verkehr mit einer Versuchsanlage in Java.

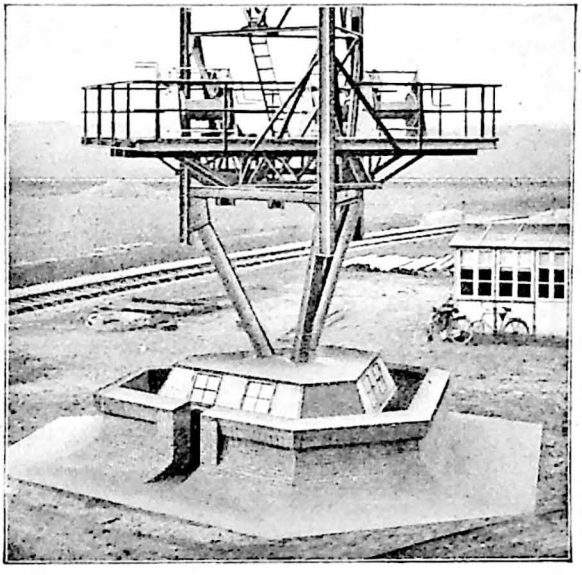


Schwieriger Transport eines Transformators durch den Kootwijkschen Sand

Die Stromversorgung der „Radio Assel" genannten Großfunkstelle erfolgt durch die etwa 25 km entfernten Elektrizitätswerke von Arnheim bzw. Nymwegen, da in gleicher Weise, wie auch in Nauen von der Errichtung einer eignen Kraftanlage abgesehen wird. Der Anblick der sechs 210 m hohen Türme bildet eine Sehenswürdigkeit für die auf der Eisenbahnlinie Bentheim—Amsterdam fahrenden Reisenden, trotzdem eine Bodenanschwellung den Blick auf den unteren Teil der Türme und das Stationsgebäude verhindert. Der schönste Überblick über den ganzen Komplex der Station bietet sich vom Rücken eines flachen Hügels, der von der Bahnstation Assel auf der vorzüglich gepflasterten Stationsstraße mittels Automobil in 10 Minuten erreicht wird. Vor allem imponiert die Höhe und Schlankheit der aus einem

Stück ohne Zwischengelenk konstruierten Maste und die bautechnische Schönheit des im Mittelpunkt des Geländes errichteten Sendergebäudes. Die fingerdicken Kabel der Antenne erscheinen allerdings wie feine Windfäden, und an den in 200 m Höhe befindlichen großen Antennenisolatoren ist keine Einzelheit mehr zu unterscheiden.

Noch umfassender ist der Blick von der Spitze eines der Eckstürme, den unser Bild (S. 153) darstellt. Auf dieser Photographie ist auch die Struktur des Geländes zu erkennen; ungeheure Ebene, mit flachen, hie und da mit Gestrüpp und Heidekraut bewachsnen Sandhügeln bedeckt, die unterhalb der Antenne zum größten Teil abgetragen sind. Die bis zum Mittelmast führende Vollspurbahn und die Kreuzung mit der Feldbahn tritt hier besonders deutlich hervor.



Fußmast eines 210 m hohen Mastes mit Schutzeinrichtung für die Isolatoren der Großstation Assel

Eins unserer Bilder gibt einen Anblick vom Turminnern, wie er sich dem Beschauer, der den Turm besteigen will, darbietet. Das Antennen-Aufzugseil und die Steigleiter mit Rückenschutz sind gut ersichtlich.

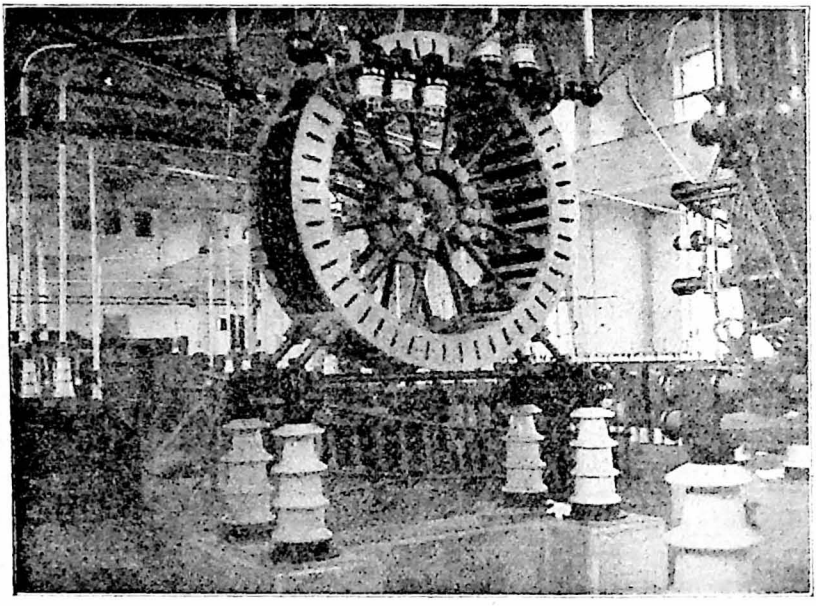
Die Antenne besteht aus 4 gleich großen Sektoren, von denen jeder die Form eines Dreiecks besitzt. Gewichte, die über Rollen an den Außenmasten gleiten, ziehen die Antenne stramm. Diese einfache Konstruktion erleichtert etwa erforderliche Arbeiten an den Antennen wesentlich. Es hat sich herausgestellt, daß die Sektoren in einer halben Stunde bis zum Erdboden herabgelassen und in 1 bis 1½ Stunden hochgezogen werden können.

Die übrigen Bilder zeigen Einzelheiten vom Bau des Sendergebäudes. Auf allen tritt aufs deutlichste die wuchtige und solide Bauweise hervor.

Die koloniale Gegenstation zu „Radio Assel" liegt auf Java. Die Kraftversorgung der Java-Großstation erfolgt durch ein eignes Kraftwerk, das in Dajeuhkolot in der Nähe des Ortes Bandoeng am Tij-Taroem liegt. Eine moderne Krafterzeugungs-Anlage mit

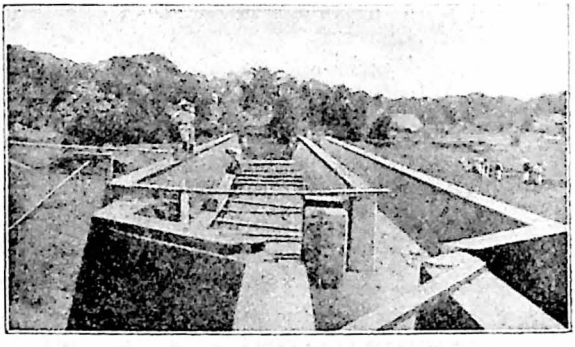
Ölfeurung liefert den Dampf für die Wechselstromerzeugung an den Turbodynamos.

Der Strom wird in Dajeuhkolot auf 25 000 Volt hinauf transformiert und in einer besondern Fernkraftleitung zu der etwa 20 km

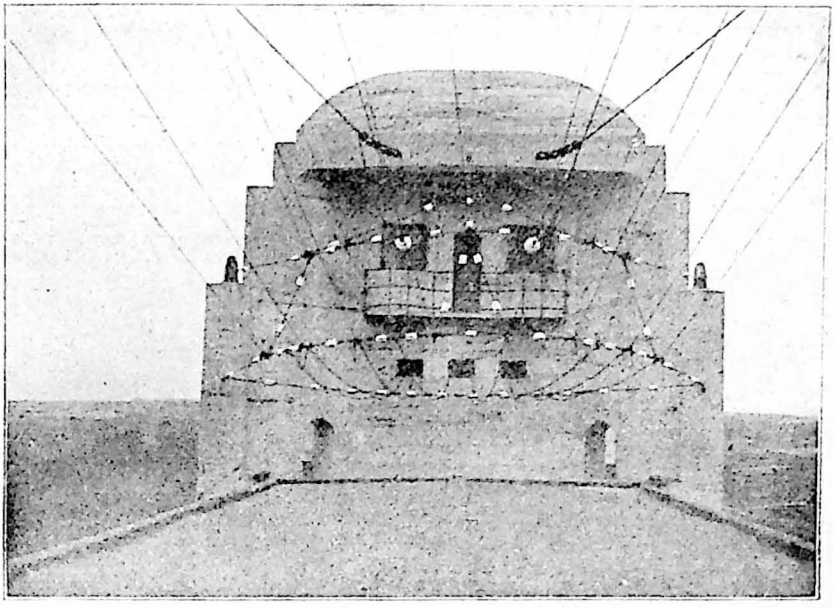


Der Antennenlufttransformator

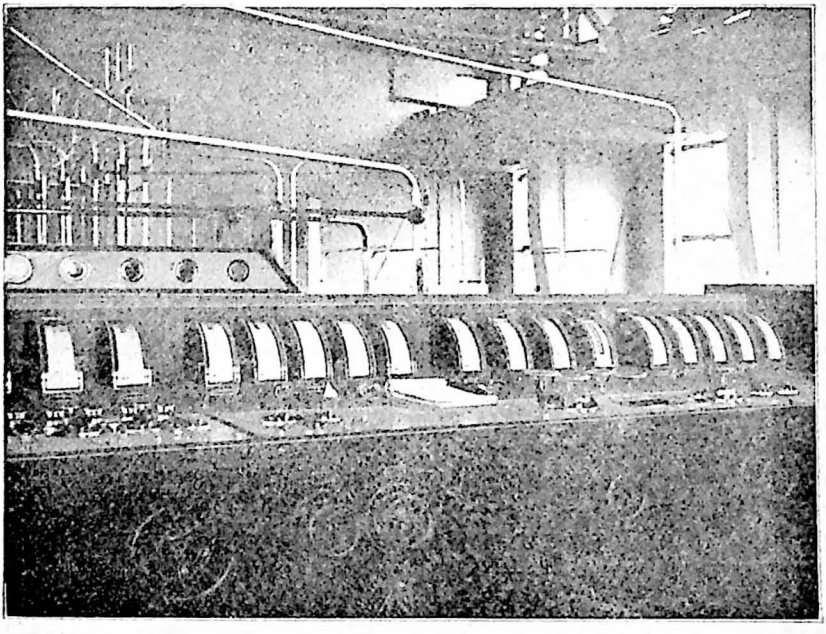
entfernt liegenden Sendestation in Malabar geleitet. Hier wird alsdann eine Heruntertransformierung auf die Gebrauchsspannung zum Betrieb der Hochfrequenz-Generatoren erfolgen. Der Sender wird in einem nach Norden offnen Seitental des Malabargebirges untergebracht, eine neuartige sogenannte Bergantenne, die an Stelle von Masten zwischen zwei Bergketten über eine Talsenkung ausgespannt ist, dient zur Aufnahme der 400 KW Schwingungsenergie. Bisher war auf Java eine kleinere Versuchsanlage mit etwa 100 KW Antennenleistung (System Telefunken) in Benutzung. Diese Station steht in Tjililin (Mittel-Java);



Kühlwasserkanal des Kraftwerks Dajeuhkolot



Die Kuppel des Sendergebäudes der Großstation Kootwijk mit ausgebreiteter Ausspannvorrichtung für Antennen und Erdungsleitungen

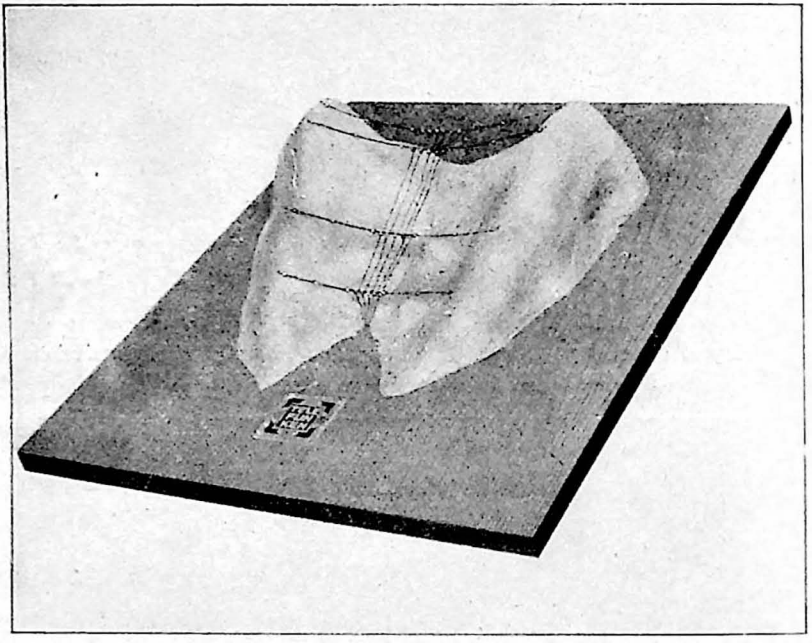


Das Schaltpult

ſie beſitzt ebenfalls eine der oben erwähnten ähnliche aber etwas kleinere Bergantenne.

Natürlich wird hier kein ſo vornehmer Bau errichtet wie in Aſſel. Das Sendergebäude iſt ein Fachwerkbau, der mit Ausnahme der tragenden Pfeiler und Decken, die aus Eiſenbeton beſtehen, aus dem einheimiſchen Djati-Holz hergeſtellt wird.

Der ganze Bau wird nur mit eingebornen Hilfskräften hergeſtellt; allein die Bauleitung ſind Telefunkenbeamte. Daß ſolche



Modell der Bergantenne in Malabar auf Java

Bauten in einem ſo weit entfernten Lande erhebliche Schwierigkeiten machen, leuchtet ein, aber die Geſellſchaft beſitzt durch die jahrzentelange Erfahrung hervorragende Spezialiſten in ſolchen exotiſchen Bauten. Herr Oberingenieur E. Reinhardt, der ſeit Anfang 1921 in Buenos Aires weilt, um den von Transradio Argentina an Telefunken übertragnen Bau der für Argentinien beſtimmten Grenzſtation zu leiten, plaudert darüber ſehr anziehend in der Telefunken-Zeitung, der wir mit freundlicher Genehmigung der Schriftleitung folgenden Aufſatz entnehmen.

Wie man Großstationen baut

Warum, wozu und wohin baut man eine Großstation?

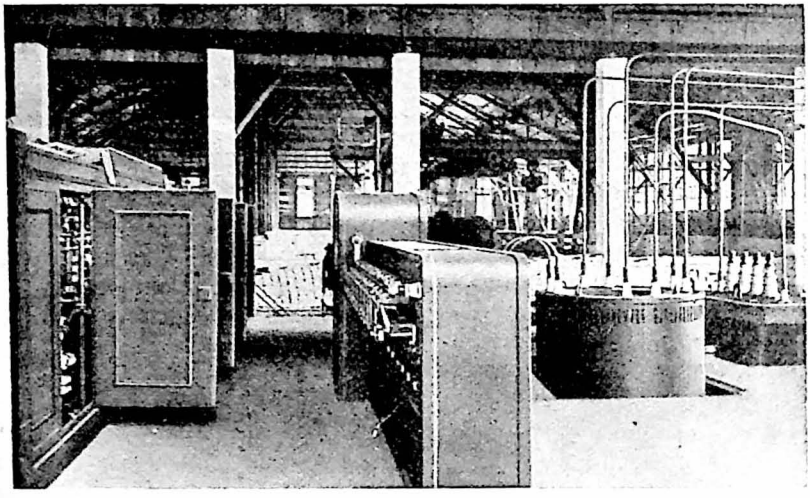
Länder ohne eigne Kabelverbindung sind selbst in Friedenszeiten hinsichtlich ihres überseeischen Nachrichtenaustausches auf den guten Willen einiger weniger Kabel-Monopol-Gesellschaften oder der diese unterstützenden Staaten angewiesen. Jeder Staat, der Welthandel treibt, aber keine Gelegenheit hat, seine Handels- und Pressenachrichten

Die Malabarschlucht mit den Bergkuppen, auf denen die Halteseile für die Bergantenne verankert sind

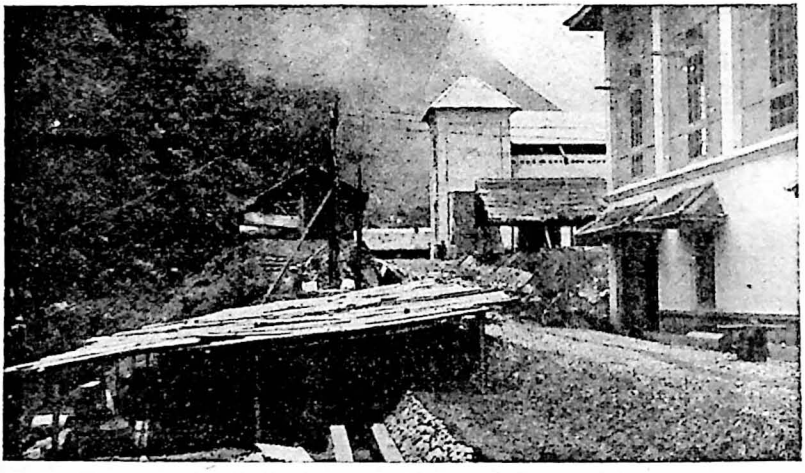
direkt weiter zu geben, gerät daher in eine gewisse Abhängigkeit und Unterlegenheit gegenüber den Staaten, deren Kabel er benutzen muß. Im Kriege aber muß er sich, selbst als neutraler Staat, eine seine Wirtschaft und Politik störende, wenn nicht gar gefährdende Zensur gefallen lassen.

Der Weltkrieg hat gezeigt, daß es jedem zu Wasser starken Gegner ein Leichtes ist, die am Meeresgrund liegenden Kabel zu erreichen und unbrauchbar zu machen, während geeignet angelegte Radiostationen jedem unfreundlichen oder gar feindlichen Eingriff in ihren Betrieb entrückt sind. Außerdem wird der Vorzug der leichtern Geheimhaltung der Kabeltelegramme durch besondre Chiffrierung der Radiotelegramme oder sogen. Cryptographen-Apparate ausgeglichen. Da nun „Funksprüche", wie bekannt, den Vorteil der Zirkularwirkung

haben, also allgemein interessierende Nachrichten, wie Presse, Wett- und Kursberichte, Zeit- und Warnungssignale (für Schiffe: Notsignale)



Blick in den Senderraum der Großstation Malabar



Kühlbassin für die Ölkühlung der Transformatoren der Großstation Malabar

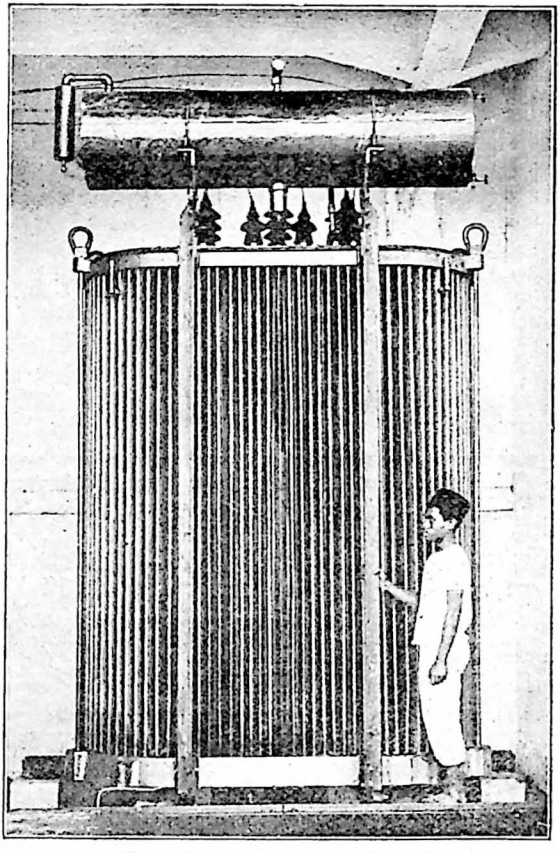
beliebig vielen Interessenten gleichzeitig übermittelt werden können, so liegt es

im Interesse eines jeden Staates, der wirtschaftlich und politisch unabhängig sein und im Wettbewerb der Völker nicht ins Hintertreffen geraten will, eine eigne Radio-Großstation zu besitzen.

Bei der Auswahl des Standorts für eine Großstation ist nun ineswegs die Nähe des Haupt-Verkehrs-Zentrums von ausschlag-ebender Bedeutung. Viel wichtiger sind vielmehr seine strategische age, die Geländeeignung, günstige Transportmöglichkeiten, Gleis-An-luß usw. Auch spielt die Frage ob Anschluß an vorhandne Kraft-ntralen möglich oder eigne Kraftquelle zu bauen ist, das Vorhanden-n von Kies und Sand in der Nähe des Platzes, seine Trink- und ebrauchswasserverhältnisse eine Rolle.

Das erste Wort werden demnach die maritimen und militärischen chverständigen zu sprechen haben. Erst wenn mit diesen eine Einigung er die Platzfrage in großen Zügen erreicht ist, wird es Aufgabe ner aus Vertretern der einschlägigen Behörden (Post usw.), Wasser-chverständigen und Telefunken-Spezialisten zusammengesetzten Kommis-men sein, die Eignung des in Aussicht genommnen Geländes nach en Richtungen hin zu prüfen.

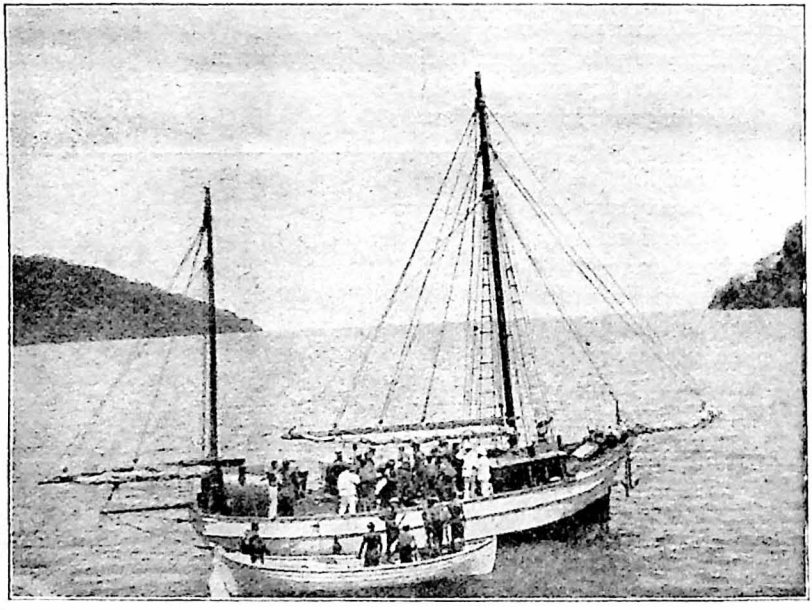
In funkentelegra-ischer Hinsicht wird lbei zu beachten sein, ß die Station, um uen schon eingerichte-n Radioverkehr nicht stören und um auch lbst nicht gestört zu rden, nicht zu nahe i schon vorhandnen chartigen Anlagen haut werden darf. es gilt hauptsächlich e solche Stationen, bei men Senden und Emp-ng mit einem offnen D wenig gerichteten hwingungsgebilde ge-cht. Dienen die An-en jedoch nur zum nden und wird ge-unt von der Station ttels Rahmen emp-gen, so muß die Ver-Lage so gelegt wer-„ daß der Rahmen-pfang der andern t gestört wird. Zum ndesten muß in beiden llen hinsichtlich der



Transformator im Kraftwerk

Wahl der zur Verwendung kommenden Sende- und Empfangwellen vorsichtig vorgegangen werden. Auch die Fernwirkung ist zu berücksichtigen. Sie wird beeinflußt von der topographischen Beschaffenheit des zwischenliegenden Geländes und ist über See besser als über Land, da hier gewisse Absorptions- und (je nach der geologischen Gestaltung) auch Schatten- und Reflexwirkungen auftreten können. Bei Anlagen im Gebirge ist ferner darauf zu achten, daß das Gelände auf mehrere Wellenlängen in der Telegraphierichtung offen ist.

Will man eine allseitig gute Fernwirkung erzielen, so soll das Gelände auf mehrere Wellenlängen im Umkreis möglichst frei von

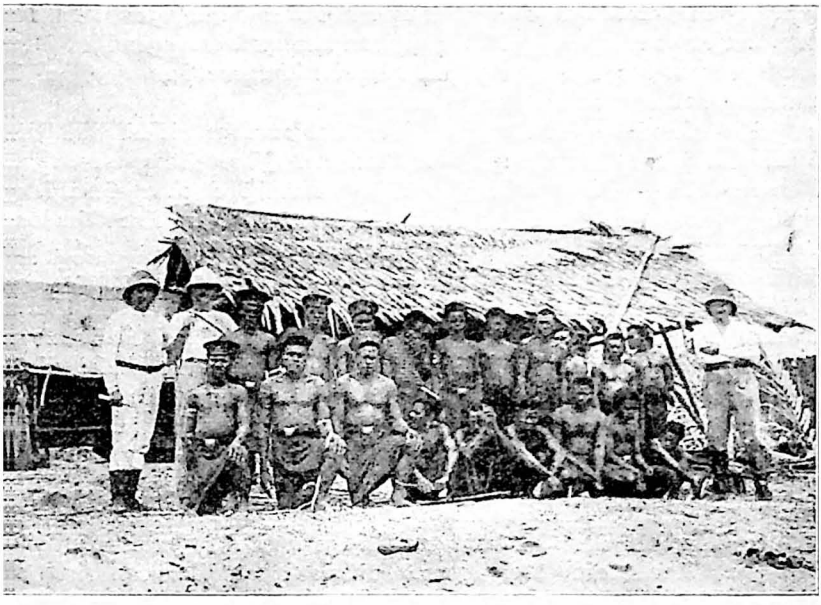


Telefunkeningenieure gehen mit ihrem Stab zur Auswahl eines geeigneten Stationsgebäudes im frühern Neu-Pommern an Land

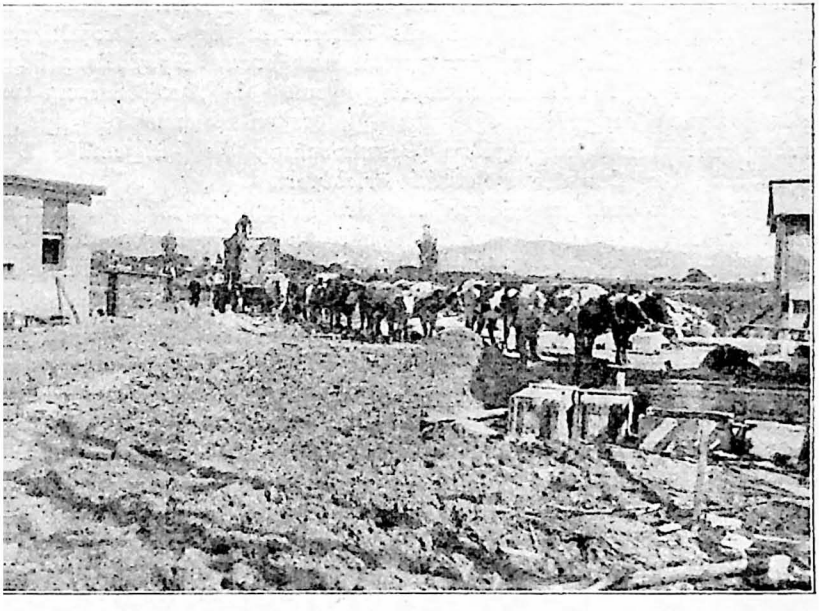
Hindernissen (Gebirge) sein. Die Fernwirkung ist ferner abhängig von den Boden- und Grundwasserverhältnissen des Platzes, auf dem die Station zur Aufstellung gelangt und umso günstiger, je inniger der elektrische Kontakt mit der Erde gemacht werden kann, bzw. je homogener die Verteilung der Energie auf die Erdfläche ist.

Da die Arbeiten für die Erdanlage im allgemeinen zeitraubend und kostspielig sind, wird es immer vorzuziehen sein, möglichst ebnes, feuchtes Wiesenterrain oder lockres Erdreich auszuwählen, da dann auf einfache Weise ein Einpflügen der Erddrähte stattfinden kann.

Bei schlechten Grundwasserverhältnissen ist man gezwungen, zu einem „Gegengewicht" zu greifen, das bei sachgemäßer Ausführung



iingeborene Träger und Wachmannschaften für die Expedition in das Innere unsers frühern Neu-Pommern



Transport von Telefunken-Material in Neu-Seeland

elektrisch die Erde nicht nur ersetzen, sondern günstiger sein kann, aber außer dem Nachteil der Unterhaltungskosten gewisse Beeinträchtigung in der Bewegungsfreiheit beim Antennenbau und bei Antennenhavarien mit sich bringt.

Die räumliche Ausdehnung einer Radioanlage richtet sich hauptsächlich nach den Abmessungen der Antenne. Ihre Flächenausdehnung ist unter der Annahme einer gewissen Turmhöhe oder Strahlungsleistung und unter Berücksichtigung, daß man über eine Antennenspannung von maximal 80 000 Volt praktisch nicht gehen soll, direkt abhängig von der unterzubringenden Leistung (Meter-Ampere). Bei 400 KW Antennenenergie und unter Zuhilfenahme von 7 Türmen zu etwa 200 m Höhe, die in Form eines regelmäßigen Sechsecks mit Mittelturm angeordnet sind, überspannt die Antenne beispielsweise ein Gelände von etwa 30 bis 35 ha. Nauen, das eine andre Antennenanordnung besitzt, verfügt bei gleicher Energie über ein Gelände von 27 ha.

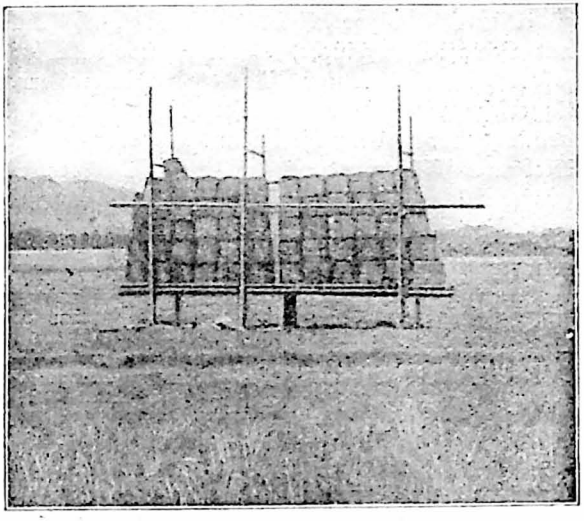
Auch die Schwierigkeiten und Kosten beim Transport des Montage- und Baumaterials müssen, zumal bei größern Stationsbauten, bei der Auswahl des Platzes berücksichtigt werden. In unerschlossnen Gebirgen, Urwäldern, Wüsten und unerforschten Gebieten sind diese meistens sehr groß, wenn nicht den Verhältnissen durch entsprechende Maßnahmen bei der Projektierung und Verpackung Rechnung getragen wird.

Damit dieses rechtzeitig geschehen kann, ist es in solchen Fällen zweckmäßig, durch eine Expedition an Ort und Stelle genaue Erhebungen anstellen zu lassen, die als Unterlagen für die Projektierung dienen können. Telefunken hat zu diesem Zwecke Spezialfragebogen für die Auswahl von Stationsplätzen und die Projektierung von Radiostationen aufgestellt, die allen Interessenten kostenlos zugestellt werden und deren ausführliche Beantwortung die sachgemäße Vorbehandlung der Projekte wesentlich erleichtert.

Bei dem heutigen Stand der drahtlosen Technik spielen aber die rein technischen Fragen nicht mehr die ausschlaggebende Rolle wie früher. Es werden vielmehr in den meisten Fällen wirtschaftliche Gesichtspunkte entscheidend sein. Gewöhnlich werden mehrere funkentechnisch geeignete Terrains zur Wahl stehen. Sache der Kommission oder des Auftraggebers wird es dann sein, alle Vor- und Nachteile abzuwägen, wobei niedrige Kosten für Ankauf oder Pacht des Geländes, möglichst geringe Transport- und Bauschwierigkeiten, billigste Materialbeschaffung für den Fundamentbau der Türme und für die Gebäudeanlage, beste Rentabilität hinsichtlich der zukünftigen Betriebsweise, ob eigne Kraftzentrale mit Wasser, Dampf, Explosionsmotoren oder Heranführung einer elektrischen Kraftleitung, entscheidend sein dürften.

Zu beachten ist ferner, daß der Untergrund tragfähig genug ist, um die schweren Fundamente und Türme zu tragen, was durch

eine oder mehrere Erdbohrungen und Druckverſuche leicht feſtgeſtellt werden kann. Im allgemeinen genügt ein Untergrund, der eine Bodenbelaſtung von 3 bis 4 kg/qcm dauernd, d. h. ohne nachzugeben, verträgt; in Ausnahmefällen kann auch eine Bodenbelaſtung von 2,5 kg/qcm als ausreichend angenommen werden. Bei nachgiebigem Boden müſſen die ſchweren Fundamente entſprechend kräftige Pfahlroſte erhalten. Tritt das Grundwaſſer nahe zur Oberfläche, ſo ſind die Turmabſpannfundamente um ſoviel ſchwerer zu bauen, als der Gewichtsverluſt beim höchſten Grundwaſſerſtand durch den Auftrieb beträgt. Bei nachgiebigem Boden iſt für die Abſpannfundamente auch der Horizontalſchub durch Pfahlroſte oder durch entſprechende Druckflächen aufzuheben. Die Türme ſind im allgemeinen für einen Winddruck von 350 kg/qm konſtruiert, aber auch ſchon bis zu 600 kg/qm gebaut worden. In Gegenden mit Erdbebengefahr kommen Spezialausführungen zur Verwendung.



Druckverſuche zur Feſtſtellung der Tragfähigkeit des Bodens (Java)

Wichtig iſt auch die Frage der leichten Trink- u. Kühlwaſſerbeſchaffung; auch darf das Grundwaſſer beim Bau der Fundamente und der Hausanlage nicht zu große Schwierigkeiten bereiten.

Sind dieſe Fragen zufriedenſtellend gelöſt, und ein Platz definitiv gewählt, iſt als erſtes in der Nähe des Standortes der zukünftigen Stationsgebäude eine Bauhütte als Büro und ein Schuppen für die Unterbringung der erſten Werkzeuge aufzuführen. Ferner empfiehlt es ſich, baldigſt eine Schmiede- und Reparaturwerkſtätte, ſowie abſeits eine Hütte für die Aufbewahrung von Benzin, Petroleum und Sprengſtoff zu errichten. Die Bauhütte iſt ſchnellſtens mit Telephonanſchluß zu verſehen; die für die zukünftigen Arbeitskräfte notwendigen Unterkunftsbaracken und Lagerſchuppen ſind ſofort in Auftrag zu geben.

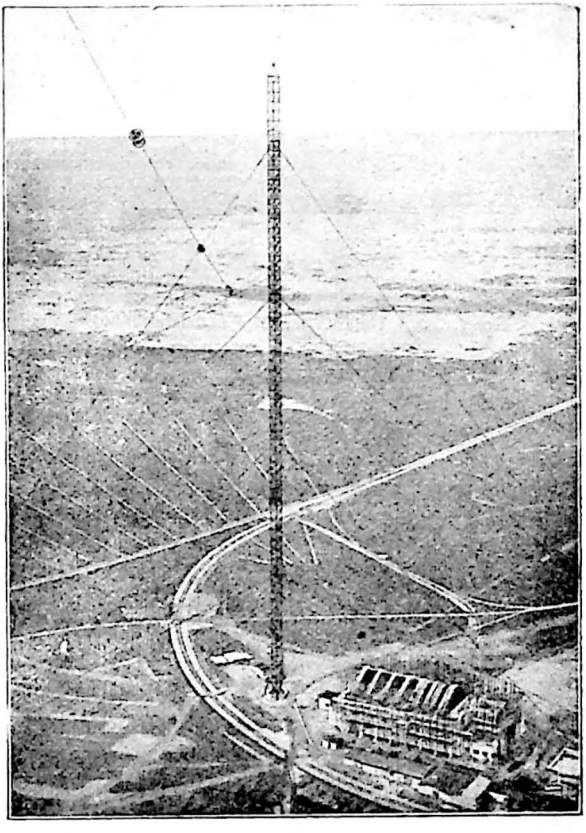
Der Grundriß der Groß-Stationsanlage iſt maßſtäblich mit der vorhandnen Kataſterzeichnung der Gemeinde oder dem ſelbſt angelegten Meßtiſchblatt derart in Einklang zu bringen, daß die Turmfundamente, Antennenabſpannungen und Gebäude den topographiſchen Verhält-

niſſen entſprechend eine möglichſt günſtige Lage erhalten. Gleichzeitig erfolgt die ungefähre Einzeichnung der vorteilhafteſten Gleiſeverteilung auf dem Stationsplatz und des kürzeſten Gleiſeanſchluſſes (ſei es Kleinbahn oder Vollbahn) mit der nächſten Eiſenbahnhalteſtelle, wo nötigenfalls ein Ladekran errichtet wird; ferner die Feſtlegung des beſten Verbindungsweges für Fuhrwerk- und Autoverkehr mit der nächſtliegenden Hauptſtraße. Inzwiſchen werden ungefähre Überſchläge über das notwendige Eiſenbahnmaterial (Schwellen, Schienen, Brücken, Wagen, Lokomotiven), ſowie über den erforderlichen Schotter und das Untergrundmaterial für die Fahrſtraße aufgeſtellt und Verträge mit den Lieferanten abgeſchloſſen. Der Bau der Eiſenbahn und der Wege wird Sachverſtändigen überlaſſen. Die Arbeiterbaracken baut man zweckdienlich außerhalb der Turm- und Antennenanlage, richtet ſie mit Schlafkojen, Küche, Kantine, Apotheke und Hoſpital ein und läßt ſofort einen Brunnen für die Trinkwaſſerverſorgung graben. Die Lagerſchuppen werden vorteilhaft in der Nähe der zukünftigen Betriebsgebäude neben dem Gleiſe und an dem projektierten Wege aufgeſtellt. Mehrere Türen, deren Weite ſich nach den Abmeſſungen der größten Maſchinenteile richten, öffnen ſich nach dem Gleiſe zu, oder es wird ein Zweiggleis der Länge nach direkt durch den ganzen Schuppen hindurchgeführt. Ein Laſtkran erleichtert auch hier die Umladearbeit. Kleinbahngleiſe werden ferner im Anſchluß an das Hauptzufahrtgleis nach den einzelnen Bauſtellen der Türme und ſonſtigen Arbeitsſtellen gelegt.

Die die Arbeiterbaracken aufſtellenden Zimmerleute bilden nun die erſte Gruppe von Arbeitern, denen ſich die Eiſenbahner und Wegebauer als Gruppe II und III zugeſellen. Gruppe IV errichtet die definitiven Gebäude und Gruppe V iſt die Arbeitskolonne, der der Transport des Baumaterials vom Bahnhof oder von der nächſten Verladeſtelle zu dem Stationsplatz obliegt. Alle fünf Gruppen arbeiten entweder unter der Leitung der beſtellenden Behörde oder, falls gewünſcht und bei geeigneter Regie, unter Aufſicht der Telefunkenbauleitung.

Die nächſte Arbeit iſt die genaue Fixierung der Fußpunkte der Türme und der zugehörigen Abſpannfundamente mittels Theodolit oder Sextant. Iſt auf dem Gelände oder in deſſen Nähe Kies und Sand vorhanden, ſo iſt es zweckmäßig, dieſe Grube mittels Kleinbahnſchienen mit einer oder mehreren Bauſtellen der Türme und den dazugehörigen Abſpannfundamenten zu verbinden und ſofort mit dem Anfahren zu beginnen. Geſtatten die Verhältniſſe ein gleichzeitiges Heranſchaffen des Zements, kann ſofort nach Aushebung der Fundamente Kies und Zement in der Betonmiſchmaſchine gemiſcht und mit dem Betonieren der Fundamente begonnen werden. Das dazu nötige Waſſer liefert eine eigens zu dieſem Zwecke ausgehobne Grundwaſſergrube oder ein Schlagbrunnen oder wird durch Leitungen aus

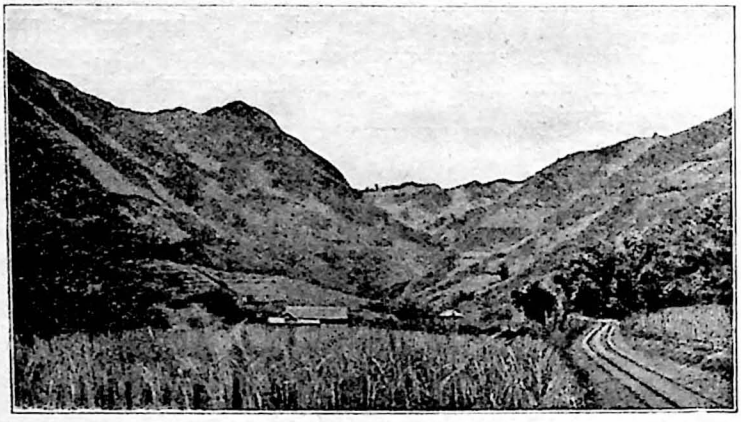
der nächstgelegnen Wasserstelle zugeführt. Die Betonarbeiten übernimmt Gruppe VI, die in vier Unterabteilungen für Rammen, Kies- und Zementzubringung, Betonmischungs- und Verschalungsarbeiten zerfällt, welche Hand in Hand arbeiten müssen. Neben der Betonmischmaschine wird ein Schuppen für die Lagrung des Zements gebaut. Zuerst betoniert man das betreffende Turmfußfundament und dann möglichst gleichzeitig die zugehörigen Abspannfundamente. Der Transport des Turmmaterials ist so zu regeln, daß die zuerst benötigten Fundamente, wie die in die Fundamentgruben einzubetonierenden Anker und sonstigen Eisenarmaturen, auch als erste auf dem Stationsplatz eintreffen.



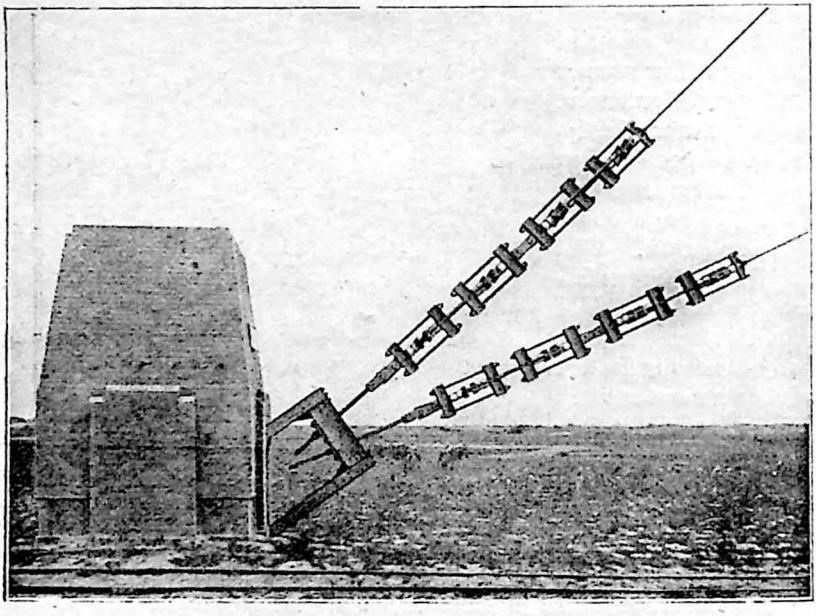
Blick vom 210 m-Mast auf das Stationsgelände Nissel

Jetzt erscheint auch der Turmbauer mit seinen Monteuren, die sofort nach Fertigstellung des ersten Turmfundaments an die Montage des Turms gehen. Mit den Hilfsarbeitern bilden sie Gruppe VII und spalten sich je nach der Schnelligkeit, mit der gebaut werden soll, in soviel Unterabteilungen, wie gleichzeitig Türme gebaut werden. Die schon in der Fabrik dem Aufbau entsprechend numerierten Turmeisen werden sortiert, per Kleinbahn an die einzelnen Baustellen geschafft und verankert; überdachte Aufzugswinden, die, wenn möglich, von einer eigens dazu angelegten Zentrale elektrisch angetrieben werden, übernehmen das Hochbringen der Turmeisen. Diese Zentrale versorgt auch die Arbeiterkolonie, die Büros und Schuppen mit Licht und eventuell die Werkstätte mit Kraft. Für die Turmbauer ist ein Schuppen als Schmiede und Werkstatt unerläßlich.

Parallel mit dem Bau der Türme geht gewöhnlich die Aufführung der Gebäude, doch ist vor Aushebung der Fundamente für das



Telefunkenstation Tjililin (Java) gelegen in einem Tal; zwischen den Bergwänden ist die Antenne ausgespannt

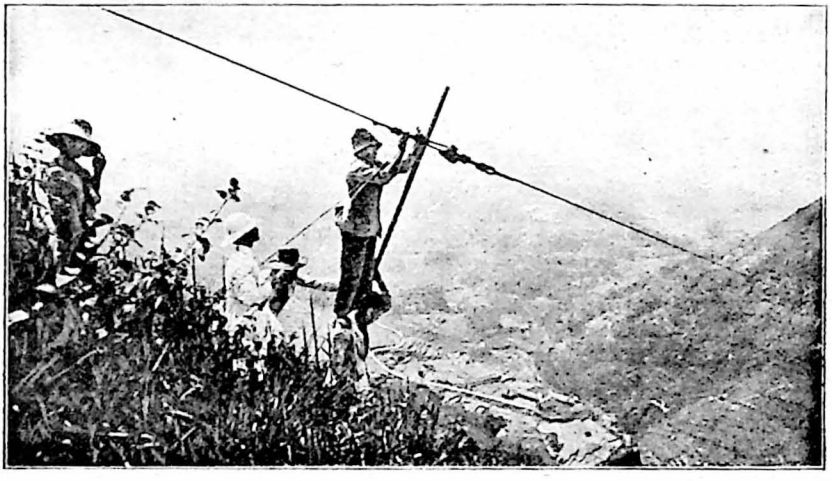


Abspannfundament eines Gittermasts der Großstation Assel. Auch diese Mauerklötze haben eine gebührende architektonische Ausgestaltung erfahren

Sendegebäude unbedingt erforderlich, die dort einmündenden zahlreichen Erddrähte wenigstens so weit sie von dem zukünftigen Gebäude überdeckt werden, zu verlegen. Meist empfiehlt es sich, die gesamte Erd-

anlage als erste Stationsarbeit auszuführen, da man später leicht mit allen möglichen Schuppen, Gebäuden, Fundamenten, lagerndem Turmmaterial, beschotterten Wegen und Gleisanlagen in Kollision kommt.

Die Verlegung der Erddrähte ist Arbeit der Gruppe VIII und geschieht entweder von Hand, was sehr kostspielig und zeitraubend ist, oder mittels eines Pfluges, der eine Rinne zieht, in die der Draht eingelegt, mit Erde zugedeckt und festgestampft wird. Viel einfacher und billiger arbeitet ein besonders konstruierter Erddrahtpflug, der den Draht sofort fertig ohne Nacharbeit etwa $^1/_2$ m unter die Erde legt. Die Anschaffung oder pachtweise Übernahme eines solchen Pfluges, der von einem besondern Traktor gezogen wird, macht sich bezahlt, da es sich um die Verlegung von vielen Kilometern Draht handelt.



Kabelarbeiten an der Bergantenne der im Tal gelegenen Station Tjililin

Mit dem Bau des Sendergebäudes werden auch gleich die nötigen Fundamente für die Maschinen und Apparate sowie die Kabelkanäle ausgeführt und in den Decken und Wänden zweckmäßig dort Löcher gelassen, wo Drähte, Kabel und Durchführungen passieren müssen.

Die Anordnung eines Kühlteichs für die Öl- und Wasserkühlung, sowie der Bau eines ausgiebigen mit Elektropumpe zu betätigenden Brunnens und eines Laufkrans im Maschinenraum sind nicht zu vergessen. Ist das Gebäude überdacht und innen verputzt, beginnt die Innenmontage durch die aus mindestens einem Ingenieur mit einer Anzahl von Monteuren und Hilfskräften bestehenden Gruppe IX mit der Aufstellung der Maschinen, der Schalttafeln und der einzelnen Hilfsapparate; dann werden die Rohre, Kabel und Leitungen ver-

legt. Diese Gruppe hat fraglos die interessanteste und schwierigste Arbeit zu leisten, denn ihre Aufgabe ist es, die Montage, Prüfung und Vollendung der Station in einer Weise auszuführen, daß sämtliche Teile automatisch ineinander und zusammen arbeiten.

Nähert sich die Montage der Türme ihrem Ende, so beginnt die Arbeit der Gruppe X, die gemeinsam mit den freiwerdenden Turmprofessionisten die Montage der Antennenanlage auszuführen hat. Die Antenne ist für eine gewisse Windgeschwindigkeit und Eisbelastung berechnet. Die einzelnen Drähte mit Isolatoren und Abspannarmaturen werden schon ab Fabrik so zugeschnitten und hergerichtet geliefert, daß sie nur hochgezogen, montiert und nach Vornahme einiger Verbindungen an die Durchführungen angeschlossen zu werden brauchen.

Organisation beim Bau einer Großstation

Besteller			Baubureau		Telefunkenbauleitung				
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Barackenbau	Eisenbahner	Straßenbauer	Gebäude	Transport	Turmfundamente	Turmbau	Erddrahtverlegung	Innenmontage	Antenne

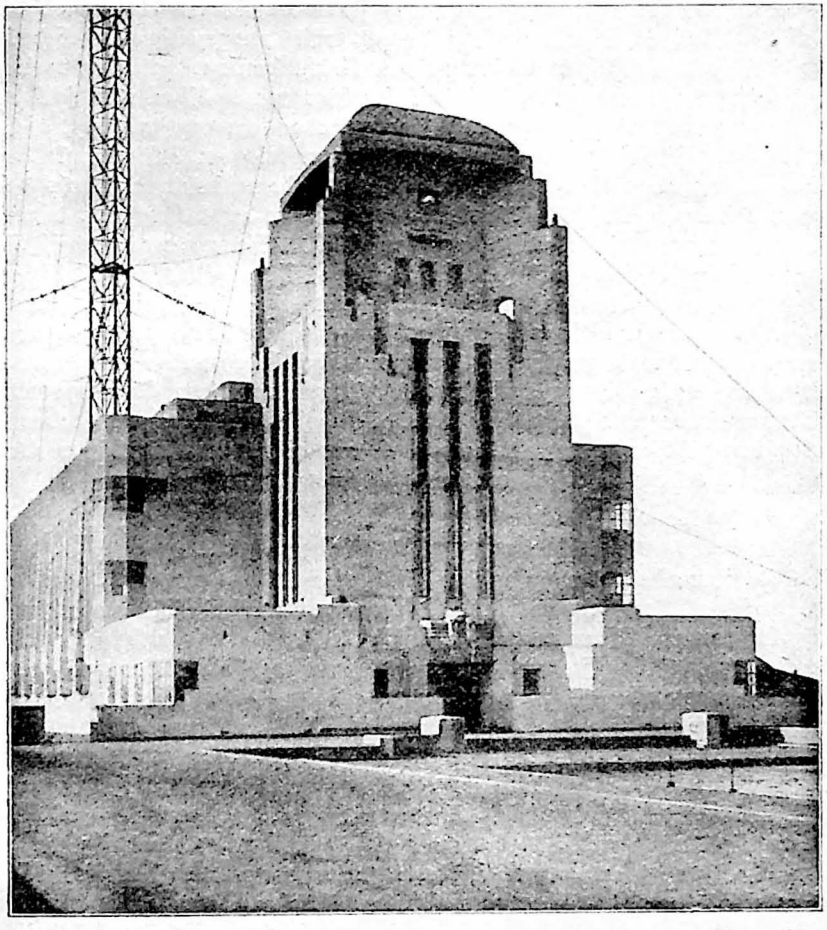
Baut die Gesellschaft eine Großanlage in eigner Regie, so stehen sämtliche Arbeitsgruppen unter Aufsicht und Kontrolle der Telefunkenoberbauleitung am Ort. Sie führt die notwendigsten Material- und Werkzeuglisten, stellt Eingangs- und Ausgangsscheine aus, regelt die Lohnzahlung, nimmt Bestellungen beim Stammhaus und andern Lieferanten vor, erledigt zeichnerische und schriftliche Arbeiten, führt Konten über die einzelnen Gruppen, sammelt statistisches Material. Kurz und gut, sie behält alle Fäden in der Hand. Findet der Bau durch den Besteller statt, so erfolgt durch diesen die gesamte Lohnzahlung der Arbeiter und Beaufsichtigung der Gruppen I bis V.

Das Elektronenrelais, der moderne drahtlose Universalapparat

Universalapparat oder Arbeitsteilung der Funktionen?

Wenn man aufmerksam den Fortschritt in allen Gebieten der Technik oder auch der Natur beobachtet, dann findet man, daß überall eine Arbeitsteilung die höchsten Leistungen hervorbringt. Der Mensch als höchstentwickelter Organismus hat so viel Organe, wie kein andres Lebewesen. Jedes dieser Organe hat seine eignen Aufgaben, denen es nun aber auch bis in die feinsten Notwendigkeiten nachkommen

kann oder sich doch dazu biologisch zu entwickeln vermag. Daß so kunstvoll und kompliziert zusammengesetzte Organismen naturgemäß auch größern Gefahren ausgesetzt sind, weil allerlei neue Möglichkeiten auftreten, die die einzelnen Organe oder auch ihr richtiges Zusammenwirken bedrohen, ist verständlich. Aber auch die Gegen-



Vorderansicht des Sendegebäudes der holländischen Großstation Kootwijk

mittel wachsen ja. Die menschliche Kultur und der Fortschritt der Wissenschaften ist das Gegenmittel. Diese haben eine medizinische Wissenschaft entwickelt, die im Verein mit dem ungeahnten Fortschritt der Naturwissenschaften im letzten Jahrhundert vieles wirksam bekämpft, was Gefährliches aus dieser Arbeitsteilung der Organe mit Naturnotwendigkeit folgen kann.

Das Elektronenrelais — ein Glasapparat

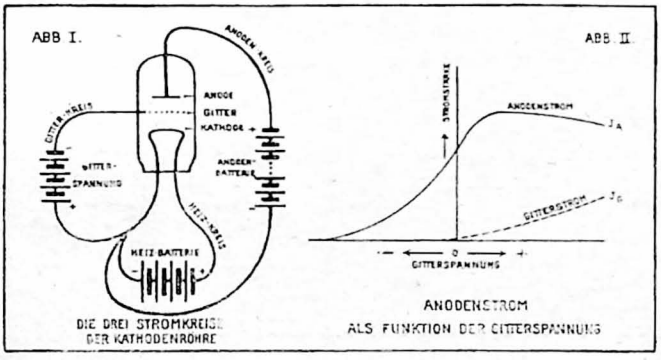
Wenn wir daher von einem Universalapparat hören, der in der drahtlosen Telegraphie das modernste darstellt, was es gibt, so muß uns das eigentlich mißtrauisch machen. Trotzdem ist das moderne Elektronenrelais ein Apparat, der in verschiednen Formen zwar doch ein wirklicher Universalapparat ist und seine vielfältigen Aufgaben, die ihm die Technik schon aufgepackt hat, mit ausgezeichneter Geduld und Präzision ausführt. Man mag vielleicht denken, daß der weitre Fortschritt auch darin noch Wandel schaffen mag. Aber uns soll es nicht kümmern, was nach fünf Jahren oder einem Jahrzehnt sein wird. Jetzt jedenfalls steht das Elektronenrelais im Mittelpunkt der Bewundrung aller Techniker. Das ist um so bemerkenswerter, als der Apparat ein physikalisches Aussehen hat. Denn er besteht aus einem Glasgefäß, und die Technik verpönt solche Glasapparate, weil sie leicht zerbrechlich sind und immer noch im Geruch des physikalischen Laboratoriumapparats stehen. Bedenken wir aber, daß wir sonst auch in der Technik neuerdings das Glas in weitestem Umfange anwenden, so werden wir uns mit seiner Benutzung auch hier wieder befreunden. Haben sich doch Glasapparate in der Technik in einem Umfange eingebürgert, wie mans früher für unmöglich gehalten. Denn die moderne elektrische Glühlampe besteht doch auch aus Glas, und täglich werden von ihr Hunderttausende erzeugt und gebraucht.

Gas- und Vakuumröhre

Auch sonst werden ja in der Elektrotechnik und namentlich in der medizinischen Hochfrequenztechnik Röhren gebraucht. Die neuerdings aufgekommenen Glimmlampen, die für Reklame- und andre Zwecke, als leuchtende Schrift usw. verwendet werden, die Röntgenröhren, die Gleichrichterröhren, die den Zweck haben, Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln u. dgl. m. Nur die Röntgenröhren arbeiten von ihnen mit Hochvakuum (höchster Luftverdünnung), während die andern alle auf der Tatsache beruhen, daß die verdünnten Gase schwach ionisiert, d. h. elektrizitätsleitend, gemacht werden, wenn man eine höhere Spannung an ihre Enden legt. Zumeist treten dabei Glimmlichterscheinungen auf, und in dieser Form geht der Transport der Elektrizität durch die Röhre hin vonstatten. Dieser Elektrizitätstransport geschieht durch die unter dem Einfluß des elektrischen Feldes elektrisch geladnen Gasteilchen und bedingt zu ihrem Auftreten verhältnismäßig geringer elektrischer Spannungsunterschiede. Ist jedoch das Gas aus der Röhre bis auf etwa ein Milliardstel des atmosphärischen Druckes oder noch weiter entfernt, so ist es nicht mehr möglich, die hochverdünnten Gasreste zur Jonisation bis zum Transport einer merklichen Elektrizitätsmenge zu bringen. Bei dieser „Hochvakuum" genannten Luftleere erhält man also keine Entladung durch die Röhre mehr.

Die Glühkathodenröhre

Trotzdem gibt es Mittel, den Elektrizitätstransport durch die Röhre hin zu besorgen, und zwar besteht es darin, Elektronen, also die kleinsten Elementarteilchen, in die Röhre zu bringen. Das kann auf verschiedne Weise geschehen, doch besteht das hauptsächlich in Betracht kommende Mittel darin, einen in der Röhre befindlichen Metallfaden zur Weißglut zu erhitzen und ihn zu veranlassen, Elektronen aus sich in das Vakuum hinaustreten zu lassen. Diese Elektronen bilden dann unmittelbar den zustandekommenden Strom. Sie sind negative Elektrizitätsteilchen und können daher nur aus der Kathode, der negativen Elektrode, austreten. Will man sie zum Strömen veranlassen, so muß sie der positive Pol, die Anode, anziehen. Ist das Vakuum in solcher Röhre nicht hoch, so wirken die Gasreste und die „Elektronenemission", die Hinausschleudrung der Elektronen aus der

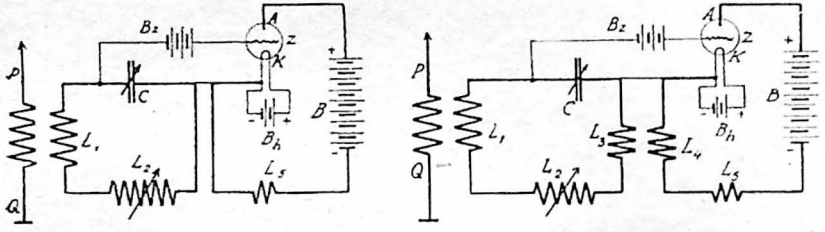


Glühkathode, zusammen; für Hochvakuumröhren aber ist das starke Glühen der Kathode unerläßliche Vorbedingung zum Zustandekommen eines Stromes in der Röhre.

Das Elektronenrelais

Das moderne Elektronenrelais ist in erster Linie eine Glühlampe, und zwar eine, die auch geheizt wird, in der ein Metallfaden zur Weißglut erhitzt wird. Außer ihm enthält diese Glühlampe aber noch zwei weitre Elektroden. Die Anordnung derselben hängt von dem Zweck ab, den der Apparat erfüllen soll, ob er als Apparat für den Empfänger oder als Schwingungserzeuger dienen soll. Der geheizte Glühfaden wird gewöhnlich die Glühkathode genannt. Die Anode ist nicht geheizt, ebensowenig die Zwischenelektrode, die meist Netz- oder Gitterform hat und deshalb gewöhnlich das „Gitter" heißt. In der Hochfrequenztechnik ist die Glühkathode, wie schon der Name sagt, negativer Pol, die Anode positiver, während die Zwischenelektrode eine ganz besondre Funktion ausübt. Es ist bekannt, daß hocherhitzte Körper

Elektronen aussenden, das sind nach dem heutigen Stande der Wissenschaft die kleinsten Bausteine der Elektrizität. Da das Elektronenrelais in seiner Form als Kathodenstrahlröhre in weitestgehendem Maße luftleer gepumpt ist, können die Elektronen unter dem Einfluß der von der Kathode ausgehenden Kathodenstrahlen fortfliegen und damit Ladungen wegtragen, und die in der Röhre vorhandnen Luftreste sind tatsächlich so gering, daß sie kaum noch ein Hindernis bieten. Nun ist andrerseits bekannt, daß die Kathodenstrahlen unter dem Einfluß elektrischer Kräfte abgelenkt, gesteuert werden können. Und diesem Zweck dient die Zwischenelektrode, durch die alle Elektronen hinwandern müssen. Das Gitter hat die wichtige Eigenschaft, je nach der Spannung, der sogenannten Gitterspannung, die es gegen die Kathode besitzt, den von der Kathode zur Anode durchtretenden elektrischen Strom, den sogenannten Anodenstrom, erhöhen oder erniedrigen zu können. Ist die Gitterspannung stark negativ, so kann der Anodenstrom vollkommen auf Null herabgesetzt werden. Bei positiver Gitterspannung kann der größtmögliche Anodenstrom, den man den „Sättigungsstrom"



nennt, durchgelassen werden, den die Glühkathode überhaupt zu liefern vermag. Zwischen dem Bereich des Stromes Null und dem Sättigungsstrom nimmt der Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gitterspannung einen Verlauf, wie ihn etwa die Kurve I_A (s. Bild S. 159) angibt. Die Schaltung, in der ein solcher Strom zustande kommt, zeigt das andre Bild. Darin bedeutet R die evakuierte Röhre, K die durch eine Batterie B_h zum Glühen gebrachte Kathode (Brennerkreis), A die Anode, die mit einer Leitung über die Batterie B mit der Kathode K und der Vakuumstrecke zwischen A und K einen Kreis bildet, in dem der Anodenstrom fließt (Anodenkreis). Dem Gitter wird durch die Batterie B_z eine Spannung gegen die Kathode gegeben. Auch in diesem Kreise (Gitterkreis, K — Vakuumstrecke — Z — Leitung — B_z — K kommt unter gewissen Bedingungen ein Strom zustande (Gitterstrom). (Die Bezeichnungen entsprechen den Bildern auf S. 160 u. 161.)

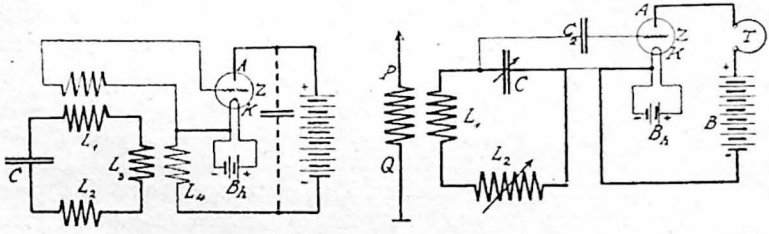
Der Apparat mag an der Hand eines Schaltungsbildes erläutert werden.

Das Elektronenrelais als Verstärker

Der gestrichelte Kreis in unserm Bilde bezeichnet das hochausgepumpte Glasgefäß, in dem sich die drei Elektroden befinden. A ist die

Anode, Z die Zwischenelektrode (Gitter), K die Kathode. Diese wird durch eine Batterie B_h, die Heizbatterie zum Weißglühen gebracht. Ganz unabhängig davon liegt die Kathode K sowohl wie die Anode A in einem Schwingungskreise, der die Selbstinduktion L_5 und die Batterie B enthält. Werden nun von einer Antenne PQ auf einen Kondensatorkreis CL_1L_2 Schwingungen sehr geringer Stärke (Amplitude) übertragen, und dieser Kreis in der im Bilde gezeichneten Weise mit dem andern verbunden (wie die feinen Linien zeigen), so schwingen in diesem Ströme derselben Frequenz, aber viel größrer Amplitude. Das besagt nichts andres, als daß diese Schwingungen sehr viel stärker sind als die erregenden aus der Antenne. Die Spule L_5 wirkt nun induzierend auf einen Detektor, der eben dazu entsprechend zweckmäßig ausgestaltet ist. Dann erzielt man in diesem eine vielfach verstärkte Wirkung.

Das kommt so zustande. Eine zwischen der Kathode K und der Zwischenelektrode Z eingeschaltete Batterie B_z bringt eine Spannung der



Zwischenelektrode gegen die Glühkathode zustande, die, wenn sie dieselbe Richtung hat, wie das Feld zwischen beiden Elektroden, den Strom verstärkt. Spannungsändrungen von wenigen Volt rufen Stromändrungen von der Größenordnung eines Milliampere hervor. Herrscht zwischen der Glüh- und der Zwischenelektrode eine Wechselspannung, so ergibt sich im Kreise ABL_5KA eine Zunahme des Stroms, wenn diese Spannung positiv, eine Abnahme, wenn sie negativ ist. Es entsteht also ein pulsierender Strom derselben Frequenz. Bei geschickter Anordnung sind Spannungsschwankungen und Stromändrungen proportional, d. h. verhältnismäßig gleich, so daß die Stromschwankungen ein unverzerrtes Abbild der Spannungsschwankungen an der Zwischenelektrode darstellen.

Solche Spannungsschwankungen an der Zwischenelektrode hervorzurufen ist angesichts der kleinen Kapazität der Zwischenelektrode gegen die Glühkathode und der Zuleitungen zur ersten leicht; man braucht dazu nur außerordentlich kleine Ströme. So kommt es, daß man mit winzigen Strömen an der Zwischenelektrode bei deren Wechsel in dem Kreise ABL_5KA Ströme sehr viel größrer Amplituden erregt, d. h. das Ganze bekommt den Charakter einer großen Verstärkung.

Rückkopplung

Zur Erzielung eines möglichſt günſtigen Effekts iſt es zweckmäßig, L_1 nun L_2 recht groß, C aber recht klein zu machen, ſie unter Umſtänden ſogar ganz wegzulaſſen. Noch bedeutender wird die Verſtärkungswirkung, wenn man den Kreis ABK mit dem Kreiſe CL_1L_2 feſt koppelt, weil dann die im erſtgenannten Kreiſe induzierten Schwingungen im zweiten wieder Schwingungen höherer Amplitude erzeugen, als zuvor darin waren. Dieſe Rückwirkung, die man „Rückkopplung" nennt, ſchaukelt die Schwingungen bis zu einem Gleichgewichtszuſtande empor, der einige hundert Mal ſo groß iſt wie bei der zuerſt geſchilderten einfachen Verſtärkung.

Das Elektronenrelais als Schwingungserzeuger

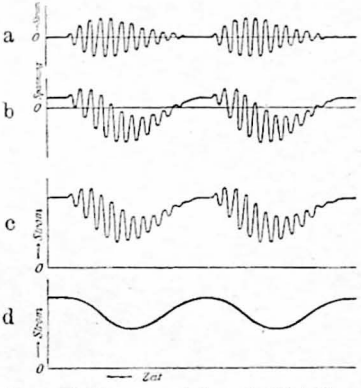
Die bisherigen Ausführungen ergaben, daß der Apparat ein ganz außerordentlich wirkender Verſtärker iſt. Damit iſt aber nur eine Seite erfaßt, denn der Apparat iſt imſtande, dauernd Schwingungen zu erzeugen, ſelbſt wenn von außen keine induziert werden. Es genügt bereits, einen Impuls in die Anordnung zu ſchicken, wenn man alſo eine der Batterien einſchaltet. Dann wird der Kreis CL_1L_2 erregt und es ſtellen ſich die ihm zugehörenden Eigenſchwingungen ein, die mit verſtärkter Amplitude auf den Kreis ABKA übertragen werden. Die Rückkopplung beider Kreiſe bringt dann die vorhin erläuterte Verſtärkung zuwege, bis ein Gleichgewichtszuſtand erreicht iſt, der der Energie der Batterie B entſpricht. Die Schwingungen ſind ungedämpft, eigentlich nicht ungedämpft, denn es wird immerzu Energie nachgeliefert, aber doch ſo, daß die Schwingungen von gradezu mathematiſcher Gleichmäßigkeit ſind, ſo gleichmäßig, wie wir ſie auf keine andre Weiſe erreichen können, weder durch Hochfrequenzmaſchine noch durch den Lichtbogen noch ſonſtwie.

Die Anordnung der Röhre als Hochfrequenzgenerator, als Erzeuger von Schwingungen höchſter Wechſelzahl, läßt ſich mit einer Gleichſtromdynamo vergleichen, bei der ſich nach dem dynamoelektriſchen Prinzip von Siemens der Ankerſtrom (dem Anodenſtrom entſprechend) und das Feld (der Gitterkreis) gegenſeitig hochſchaukeln. Die Eiſenremanenz der Feldmagnete entſpricht dem Stromſtoß beim Einſchalten, der die Eigenſchwingungen auslöſt.

Die Röhre in ſolcher Eigenſchaft dient als Senderröhre für drahtloſe Telegraphie und Telephonie, ſowie zum Überlagerungsempfang. Beim Röhrenſender, der ſich ſeiner präziſen ungedämpften Schwingungen wegen durch höchſte Abſtimmſchärfe auszeichnet, und darum im Verein mit Röhrenempfängern beſonders gute Reichweiten gibt, wird der Antennenkreis mit dem Generatorkreis gekoppelt und auf ihn abgeſtimmt. In den Anodenkreis kommt die Morſetaſte.

Das Elektronenrelais als Detektor (Audion)

Aber auch als Detektor, als Anzeigeinstrument für ankommende drahtlose Wellen, läßt sich das Elektronenrelais gebrauchen. Zu dem Ende vertauscht man die Batterie B_z mit einem Kondensator und schaltet, wie das Bild zeigt, bei T ein Telephon ein. Werden jetzt von der Antenne PQ in dem Kreise CL_1L_2 ungedämpfte Schwingungen induziert, so gibt es in dem Telephonkreise ATBKZA keine solchen mehr. Denn die Elektronenröhre wirkt als Ventil, das den Strom nur in einer Richtung durchläßt; infolgedessen lädt sich der Kondensator C langsam auf, so daß die der Zwischenelektrode angeschlossne Belegung negativ wird. Man muß ihn also entladen, was auf mehrere Art geschehen kann. Im Telephon entstehen dann jedenfalls Schwingungen, wie sie das beistehende Bild in d zeigt. Die Schwingungen im Kreise CL_1L_2 sind von der Art a, die Spannungen der Zwischenelektrode gegen die Glühkathode sind durch Kurven b dargestellt. Im Kreise ATBKZA werden Ströme von der Art c induziert, die im Telephon wie Ströme der Art d wirken, gleich der Grundfrequenz der gedämpften Schwingungen a.



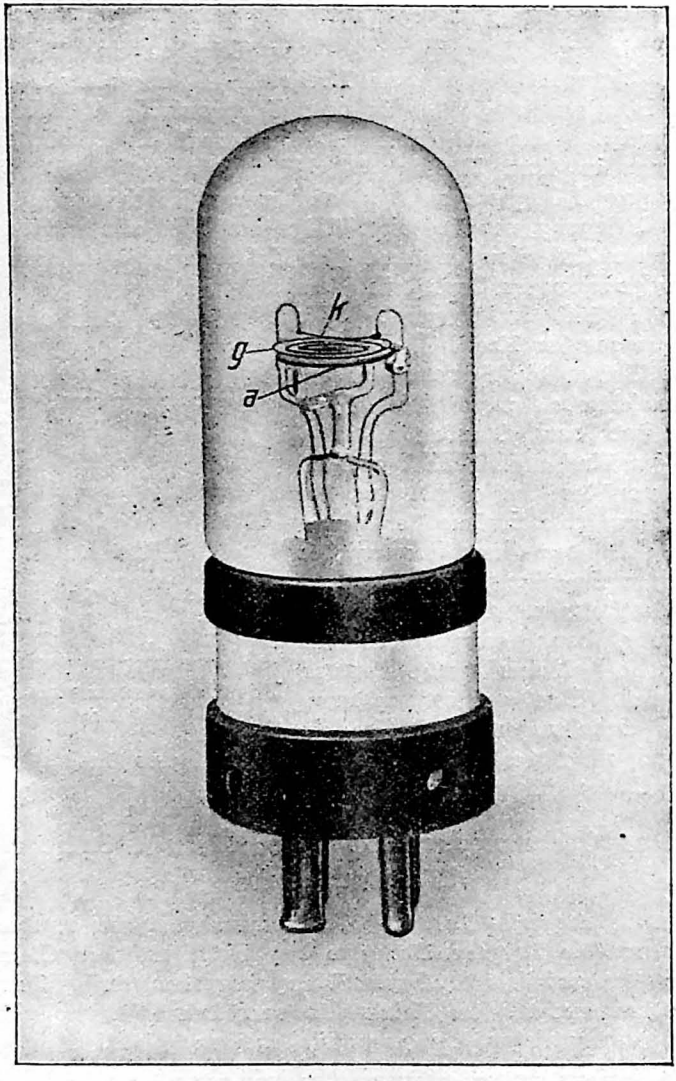
Das Elektronenrelais als Detektor (Audion)

Das Elektronenrelais leistet aber noch mehr, denn man kann seine Wirkung als Relais und Detektor kombinieren. Das erreicht man durch geschickte Schaltungen, auf die wir hier jedoch nicht weiter eingehen wollen, weil uns das zu weit in die Einzelheiten führen würde.

Das Elektronenrelais ist der feinstmögliche Relaisapparat

Das ist jedenfalls klar, daß eine Relaiswirkung, bei der die Auslösung durch die kleinsten Bausteine der Elektrizität, der Elektronen, geschieht, die präziseste denkbare Lösung darstellen muß. Denn bei allen andern mechanischen Relais sind verhältnismäßig große Massen in Bewegung zu setzen, die, wenn sie auch noch so klein sind, doch gegen die Elektronen als unendlich groß anzusehen sind. So gut auch mechanische Relais schon funktionieren, genügen sie doch für die winzigen Energien nicht, die bei der drahtlosen Telegraphie und Telephonie aufgefangen werden. Mit dem Elektronenrelais aber können wir die feinsten Wirkungen erzielen, die sich nicht mehr überbieten lassen, denn wir sind dabei an der untern Grenze des Seins angelangt und

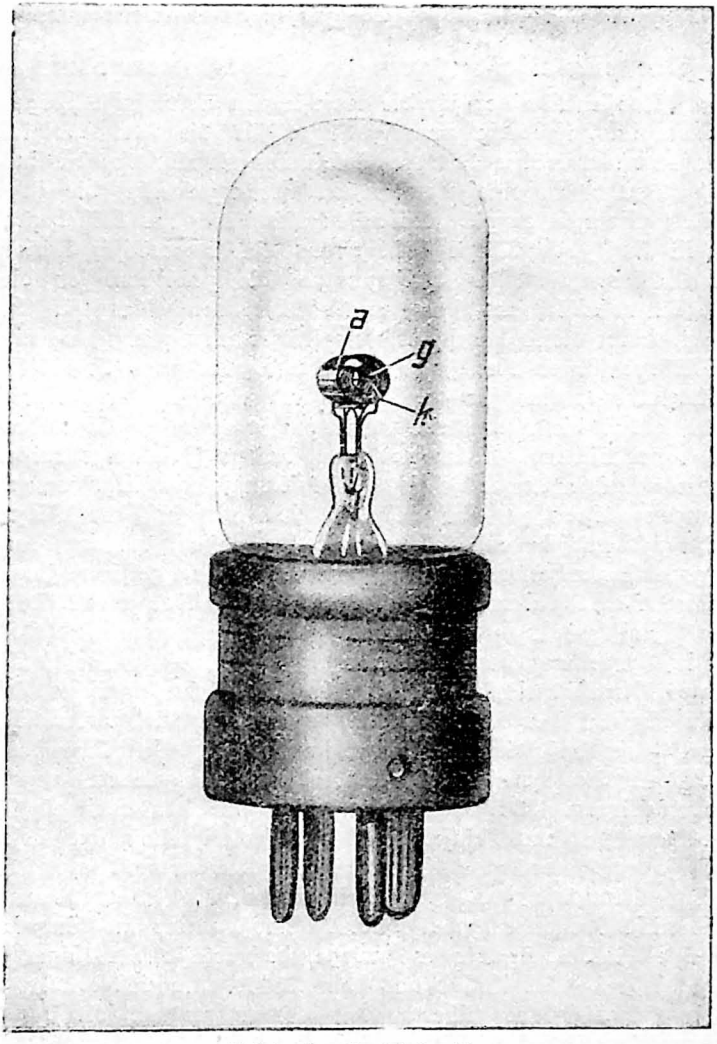
arbeiten mit den Elementen der Natur. Das hat uns auch in den Stand gesetzt, mit den Sendern der drahtlosen Telegraphie an eine obre Grenze zu kommen, die wir nicht mehr zu überschreiten brauchen,



Telefunken-Verstärkerröhre

weil wir deren Wirkungen überall auf der Erde mit unsern Elektronenrelais nachzuweisen imstande sind. Das ist eine gewaltige Leistung, besonders wenn man bedenkt, daß sie in wenigen Jahren geleistet

worden ist. Noch vor einem Jahrzehnt wußten wir nichts von diesem Apparat, und jetzt haben wir ihn zu dem drahtlosen Wunderinstrument ausgebildet, mit dem man auf der Gegenseite der Erde die Flöhe



Telefunken-Verstärkerröhre

husten hören kann. Aber noch mehr, wir benutzen ihn zum Senden selbst, und die Präzision des Arbeitens dieser Apparate, die absolute Genauigkeit, mit der die Schwingungen erfolgen, eine genau wie die andre, bewirken, daß wir in der Größe schon früher an die Grenze ge-

langen, mit der wir überall hin reichen, daß wir alſo ſparen, daß wir ökonomiſcher mit den uns zur Verfügung ſtehenden Naturkräften arbeiten. Das iſt der rechte Fortſchritt, die größte Ökonomie bei präziſeſter Arbeit und höchſter Leiſtung. Und dazu verhilft uns dieſer moderne Wunderapparat der drahtloſen Telegraphie, das Elektronenrelais.

Die praktiſche Form des Elektronenrelais

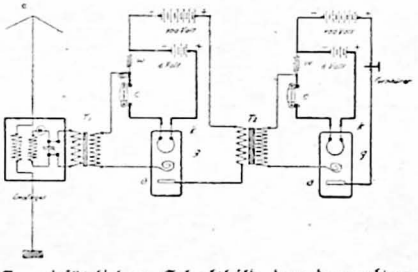
Die Konſtruktion der für die verſchiednen Bedürfniſſe hergeſtellten Elektronenrelais iſt recht mannigfaltig. Für die Notwendigkeit als Empfangsverſtärkerröhre hat die Telefunken-Geſellſchaft, die in dieſer Hinſicht führend iſt, eine Konſtruktion herausgebracht, die in vielen Tauſenden Exemplaren gebaut worden und durch das beiſtehende Bild dargeſtellt iſt. Jede Röhre beſteht aus einem praktiſch luftleer gepumpten Glasgefäß. Die Gaedepumpe, die gewiſſermaßen die einzelnen Gasmoleküle aus dem zu evakuierenden Glasgefäß hinausbefördert, leiſtet dieſes Kunſtſtück, das früher unmöglich geweſen wäre. In die Röhre führen vier Zuleitungen, und zwar zwei für die Heizung der Glühkathode, eine für die Anode und eine für das Gitter. Die Kathode k hat die Form eines kleinen Fadens, der über dem als Spirale ausgebildeten Gitter von den beiden Zuleitungsdrähten gehalten wird. Die Anode a iſt ſcheibenförmig und liegt unten. Die Zuleitungen führen zu vier Stöpſeln, die am Fuß der Röhre angebracht ſind und in entſprechende Stecker paſſen, die an dem Verſtärkungsgerät vorhanden ſind, zu dem die Röhre gehört. In dieſem Falle wird die Röhre durch eine 6 Volt-Batterie über zwei Widerſtände geſpeiſt. Zwiſchen k und a liegt eine Batterie von rund 100 Volt.

Die Herſtellung dieſer Röhren und der noch zu beſchreibenden Generatorröhren iſt nicht nur ein mechaniſches, ein techniſches, ſondern auch ein phyſikaliſches Kunſtſtück, das aber durch Telefunken ſo glänzend gelöſt iſt, daß dieſe komplizierten und diffizilen Apparate von A bis Z durch Maſchinen hergeſtellt werden, die ungelernte (angelernte) Arbeiter bedienen. Was das heißt, wird nur der auch phyſikaliſch weitgebildete Fachmann einſehen. Die Schwierigkeiten ſind beſonders dadurch ſo groß, weil alle für die Elektroden verwendbaren Metalle Gaſe enthalten, die das hohe Vakuum vernichten würden, wenn man ſie nicht vorher entgaſen würde. Eine enorme ins Einzelne gehende Spezialarbeit brachte es zuwege, daß während weniger Jahre dieſe hochſtehende Fabrikation aus dem Nichts entwickelt wurde, wobei noch die Schwierigkeiten überwunden werden mußten, die der Krieg mit ſeinen Materialbeſchränkungen bedingte.

Eine andre Form der Verſtärkerröhre iſt in einem zweiten Bilde dargeſtellt. Hier iſt die Anode a ein zylindriſches Blech, das das wie eine Spiralfeder ausſehende Gitter konzentriſch umſchließt. Innerhalb dieſes liegt wie die Achſe beider der Glühfaden der Kathode. Sonſt iſt die Röhre wie die vorhergehend beſchriebne eingerichtet.

Der Röhren-Empfangsverstärker

Telefunken hat mit solchen Röhren Empfangsverstärker ausgerüstet, die in Verbindung mit jedem Empfangsapparat angewendet werden können. Dieser Apparat ist sehr betriebssicher, einfach zu bedienen und gibt die charakteristischen Sendetöne unverändert mit etwa 250 facher Verstärkung wieder. Es sind dazu zwei Verstärkerröhren verwendet. Der ganze Apparat ist betriebsfertig in einen transportablen Kasten eingebaut. Die Schaltung ist im beistehenden Bilde wiedergegeben. Die von dem Detektorkreis des Empfängers herkommenden niederfrequenten Gleichstromstöße (Telephonstrom), die man bei gewöhnlichem Empfang durch den Fernhörer hörbar macht, werden über die Primärwicklung eines Transformators T_1 geleitet. Die Sekundärwicklung dieses Transformators liegt zwischen der Glühkathode k und dem Gitter g der ersten Verstärkerröhre. Der Glühkathode ist ein selbsttätig wirkender Eisenvorschaltwiderstand vorgeschaltet. Zwischen Kathode und Gitter wird so ein elektrisches Feld von der Schwingungszahl des Tones hervorgebracht, das im Anodenkreis die bereits beschriebnen Stromschwankungen erzeugt. Der Widerstand W dient zum Regulieren, falls die Lautstärke verändert werden muß. In den ersten Anodenkreis wird nun der Telephonhörer noch nicht eingeschaltet, sondern er bildet wieder den Primärkreis eines zweiten Relais, das durch einen zweiten Transformator bedient wird. In diesem wird der erstmalig auf das sechzehnfache verstärkte Strom wiederum sechzehnfach verstärkt und im Telephon abgehört. Man kann hier übrigens mehrere Hörer gleichzeitig benutzen, wobei sich eine größre Verstärkung ergibt, wenn die Hörer in Reihe geschaltet werden, nicht nebeneinander.



Grundsätzliches Schaltbild der doppelten Niederfrequenzverstärkung

dick = Brennerkreis, mittelstark = Anodenkreis
dünn = Gitterkreis

Wie die Ausbildung der praktischen Apparate erfolgt ist, zeigen zwei weitre Bilder. Die Schalter, Stecker, Griffe für die Kondensatoren und Selbstinduktionen sind übersichtlich, aber äußerst gedrängt zusammengebaut, die empfindlichen Teile geschützt und soweit möglich erschütterungs- und stoßfrei eingebaut. Was eine 250 fache Verstärkung der ankommenden Wellen bedeutet, vermag sich wohl jeder vorzustellen. Diese Leistung irgendwie anders zu erreichen, dürfte wohl unmöglich sein. Daß damit die Reichweite der Sender sowohl wie der Empfänger sehr stark hinausgeschoben ist, ohne daß wir am Sender mehr Energie aufzuwenden brauchen, rückt den Wert dieser Einrichtungen sofort in das hellste Licht. Man braucht nun nicht bei der ein-

fachen Verstärkung stehen zu bleiben, sondern kann weiter verstärken, so daß wir auf diese Weise vielhundertfache Vorteile erzielen können.

Nieder- und Hochfrequenzverstärkung

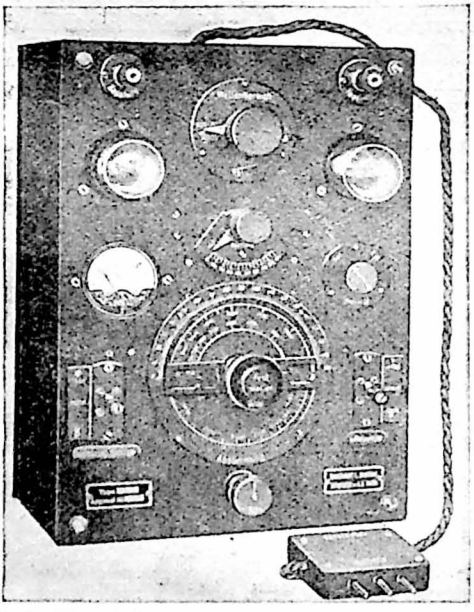
Bei den vorstehend beschriebenen Apparaten wird der Detektor-Telephonstrom dem Verstärkungsapparat unmittelbar zugeführt. Da er niedrige Frequenz besitzt, nämlich die direkt im Telephon hörbaren Schwingungen, so heißt diese Anordnung Niederfrequenzverstärkung. Wird aber der Empfängerstrom unmittelbar verstärkt, so heißt das Hochfrequenzverstärkung. Das ist mit dem Elektronenrelais ohne weitres möglich, denn bei seiner sogenannten Masselosigkeit vermag es den schnellsten elektrischen Schwingungen zu folgen.

Der Überlagrer

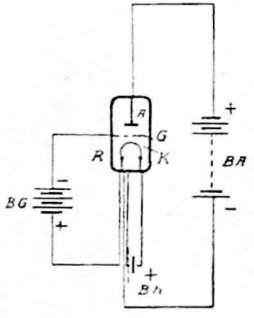
Der Überlagrungsempfang ist ein Hilfsmittel, um ungedämpfte Schwingungen als musikalische Töne hörbar zu machen. Er kommt dadurch zustande, daß dem ungedämpften Empfang einer bestimmten Wellenlänge eine zweite ungedämpfte Welle überlagert wird, deren Frequenz um 20 bis 20 000 Schwingungen in der Sekunde abweicht. Es treten dann „Schwebungen" auf, die vom Detektor des Empfangsapparates gleichgerichtet werden und im Telephon rein musikalische Töne geben. Die Tonhöhe dieser Schwebungsfrequenz ist gleich dem Unterschiede zwischen den Schwebungsfrequenzen der Empfangs- und der Überlagrungswelle und kann vom Telegraphisten durch Änderung der Frequenz des Überlagrers, d. h. durch Einstellen der Wellenlänge desselben beliebig gewählt werden. Die Tonhöhe ist hoch bei großer Differenz und tief bei geringer; sie wird zu Null, wenn die Wellen beider Kreise gleich sind. Die hörbaren Töne liegen im Bereich der Schwingungszahlen 20 und 20 000 in der Sekunde. So müssen also auch die Schwebungen eingestellt werden, wenn sie hörbar sein sollen. Der Bereich ist groß genug, um das jedenfalls tun zu können. Man stellt zweckmäßig solche Tonhöhen ein, daß eventuelle Störer ausgeschieden werden, daß die Tonhöhe nicht zu groß wird und eine gute Lautstärke im Telephon ergibt. Das ist in der Gegend von 1000 Schwingungen der Fall. Hierzu ist mehreres erforderlich. Einmal muß ein abstimmbarer Schwingungskreis zu ungedämpften Schwingungen, wenn auch geringrer Energie, erregt werden, und zweitens, daß dieser mit dem Empfangsapparat gekoppelt wird. Die Erregung des Schwingungskreises, des Generatorkreises, geschieht durch zwei Telefunken-Kathodenröhren in Generatorschaltung. Der Generatorkreis besteht aus einer in Stufen geteilten Spule L, die mit zwei parallel geschalteten Drehkondensatoren C_1 und C_2 zu einem Schwingungskreis gebildet ist. Dieser Kreis ist in den Anodenkreis der Kathodenröhre geschaltet und wird von der Anodenbatterie

von 100 Volt und dem Anodenstrom mit Energie versorgt. Die Spule L ist induktiv mit dem Gitterkreis der Röhre gekoppelt, um die Röhre zur Schwingungserregung zu veranlassen. Eine weitre veränderbare Kopplung der Spule L findet mit dem Antennenkreis des Empfängers durch die Spule K_0 statt, um die beiden Schwingungen des Antennenkreises einerseits und des Generatorkreises andrerseits zu einem einheitlichen Ganzen zu machen.

Im Antennenkreis schwingt die Empfangswelle, im Generatorkreis die mittels Kapazität und Selbstinduktion eingestellte Welle. Weichen diese beiden um einen bestimmten Betrag voneinander ab, so müssen sich die Schwingungen zu einer erhöhten Amplitude addieren, wenn sie gleichphasig erfolgen, sich jedoch subtrahieren, wenn sie in einem Augenblick entgegengesetzte Phase haben. In jedem andern Fall



Telefunken-Überlagrer für Wellen von 1000 bis 30000 m Länge



Grundsätzliches Schaltbild des Telefunken-Überlagerers E Z 209 für Wellen von 50 bis 300 m

wird die Amplitude zwischen dem erhöhten Wert und dem Werte Null liegen. Erhöhter Wert und Nullwert folgen sich in regelmäßigen Intervallen; die beiden Schwingungen setzen sich zu Schwebungen zusammen, bei denen in rhythmischer Weise Amplituden anschwellen und wieder abnehmen. Die Frequenz dieser Schwebungen ist die Differenz der verwendeten Frequenzen, z. B. 101 000—100 000 = 1000. Der Detektorkreis des Empfängers nimmt den Wechselstrom der Schwebungsfrequenz auf und wandelt ihn in einen ähnlich schwingenden Strom von Gleichstrom-Charakter um, der im Telephon Schallschwingungen der gleichen Schwingungszahl (z. B. 1000) liefert. Bei gleicher Wellendifferenz im Antennen- und Generatorkreis ist die

Schwebungsfrequenz klein und die erzeugte Tonhöhe niedrig (tief). Bei Vergrößerung der Wellendifferenz, die durch die Abstimmungen mittels Kapazität und Selbstinduktion in die Hand des Telegraphisten gelegt ist, wird der Ton hoch. Die Tonhöhe ist nach beiden Richtungen durch die physiologische Hörbarkeit der Töne begrenzt. Sie wird so einzustellen sein, daß durch Ausnutzung der Telephonresonanz der Ton am lautesten wird oder ein fremder Störer den Empfang am wenigsten schädigt bzw. unhörbar gemacht wird. Zur Erregung des aus L und C_1 und C_2 bestehenden Generatorkreises dienen zwei parallel geschaltete Telefunken-Kathodenröhren TK.

Der Überlagrer kann mit Vorteil auch bei schwachem tönenden Empfang als Verstärker verwendet werden; er bewirkt dabei eine wesentliche Erhöhung der Lautstärke. Die Klangfarbe des Tones und sogar der Toncharakter geht allerdings verloren, da reine Schwebungen wegen der Pausen zwischen den einzelnen Impulsen nicht auftreten können. Bei gleichzeitiger Verwendung des Empfangsverstärkers wird natürlich besonders lauter Empfang erzielt.

Ein von Telefunken herausgebrachtes Gerät für Wellen von 1000 m bis 30 000 m Länge zeigt das umstehende Bild.

Der Röhrensender

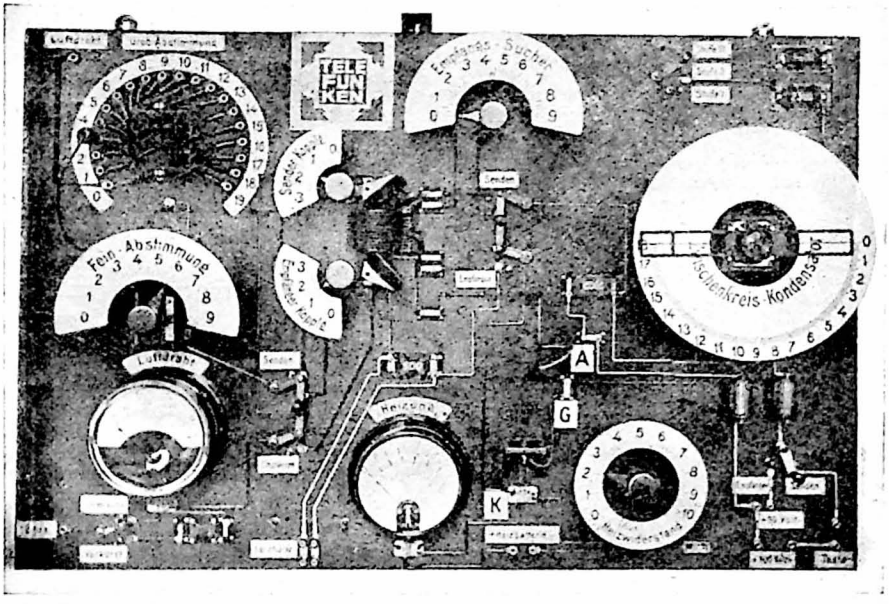
Allgemeines

Wir haben das Elektronenrelais in seiner Eigenschaft als Schwingungserzeuger bereits grundsätzlich besprochen. Es dürfte aber besonders lehrreich sein, ein von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie herausgebrachtes Lehrgerät eines ungedämpften Senders und Empfängers vorzuführen, das für technische Schulen bestimmt ist, um die Arbeitsweise eines Röhrensenders und eines Röhrenempfängers anschaulich zu machen. Es kann jedoch auch als Betriebsapparat benutzt werden, denn seine Antennenenergie beträgt nicht weniger als 10 Watt.

Das Telefunken-Lehrgerät

Das Lehrgerät ist zum größten Teil aus einer gangbaren Type der Telefunkenapparate zusammengesetzt, die aber übersichtlich auf einer großen Wandtafel angeordnet sind. Skalen und Aufschriften sind dabei besonders groß gehalten. Das einzig abweichende von den normalen Typen ist, daß zum Senden wie zum Empfangen dieselbe Röhre benutzt wird, um zu zeigen, daß jede Röhre grundsätzlich zu beidem geeignet ist. Im praktischen Betrieb geschieht die Verwendung einer und derselben Röhre zu verschiednen Zwecken deshalb nicht, weil das verschwenderisch wäre, denn die Empfangsröhre braucht nur geringe Heizenergien, während beim Senden die Sendeenergie natürlich von

der in der Röhre aufgewendeten Heizenergie abhängig ist. Als Stromquelle für die Heizung beim Lehrgerät dient ein 12 Volt-Akkumulator, der 3 Ampère liefert, für den Anodenkreis beim Senden die Gleichstromnetzspannung von 440 Volt; zum Empfang dagegen eine 90 Volt-Anodenbatterie. An Stelle der 400 Volt Netzspannung kann auch ein kleiner Einankerumformer Verwendung finden, der von einer Akkumulatorenbatterie von 12 Volt Spannung gespeist wird. Der Wellenbereich des Geräts ist kontinuierlich von 300 bis 1800 m.

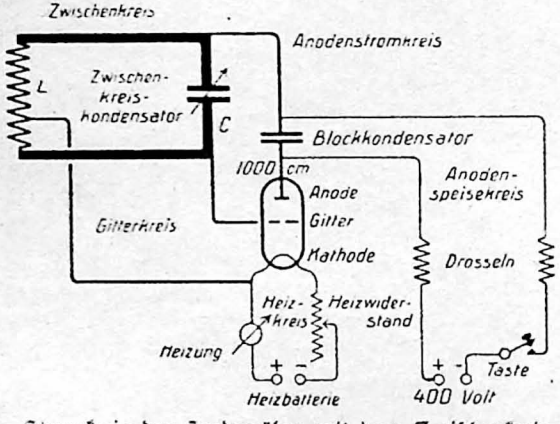


Lehrgerät eines ungedämpften Senders und Empfängers, hergestellt von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. (Telefunken) Berlin

Das Lehrgerät als Sender

Zu den Telefunken-Lehrgerät als Sender gehört das Schaltbild, das die Kathodenröhre mit ihren drei Elektroden, der Anode, dem Gitter und der Glühkathode zeigt. Zur Heizung der letztgenannten dient die schon erwähnte Heizbatterie, die ihren Strom über ein Ampèremeter mit der Aufschrift Heizung und einen Widerstand (Heizwiderstand) dem Glühfaden zuführt (Heizkreis). Die Anodenspannungsquelle von 440 Volt liegt über Morsetaste und Drosselspulen an einem (Block-) Kondensator von 10 000 cm Kapazität, der einerseits direkt mit der Anode verbunden und andrerseits an den Zwischenkreis gelegt ist. An diesem liegt auch die Kathode; erst hierdurch ist der Anodenstromkreis geschlossen.

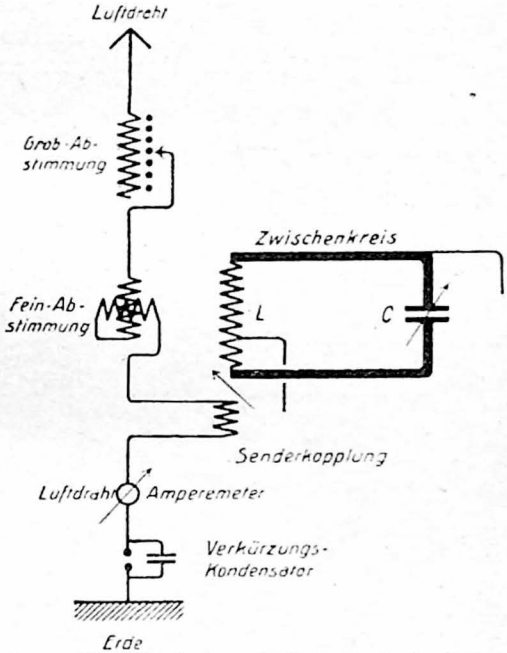
Wenn die Kathodenröhre an die beiden Spannungsquellen gelegt ist, gehen von der Kathode Elektronen aus und werden unter dem Einfluß des elektrischen Feldes zwischen Kathode und Anode von dieser angezogen. Der Hilfsstromkreis, der die Kathode erhitzt, gestattet demnach das Auftreten einer minimalen Strömung (Anodenstrom) durch das Vakuum der Röhre, dessen Spannungsquelle die Anodenspannung von 440 Volt ist. Da nun der Anodenstrom auch den Zwischenkreis, ein schwingungsfähiges System mit fester Spule L und veränderlichem Drehkondensator C, durchfließt, wird beim Einschalten der Anodenspannung, z. B. beim Niederdrücken der Taste, der Zwischenkreiskondensator geladen. Die Folge davon ist das Auftreten von Schwingungen im Zwischenkreis, die eine Frequenz haben, die der dort eingestellten Größe von Kapazität und Selbstinduktion entspricht. Dieser Kreis ist auf den schon erwähnten Wellenbereich von 400 bis 2000 m einstellbar. Die Schwingungen sind zunächst gedämpfter Art und würden nach kurzer Zeit abgeklungen sein. Ein Teil der Energie der im Zwischenkreis auftretenden Schwingungen wird aber auf die Röhre zurückgekoppelt, indem sie dem Steuerorgan der Röhre, dem Gitter zugeführt werden. Nun tritt die eigenartige Wirkungsweise einer solchen Kathodenröhre in Erscheinung: je nach dem Potential, das sich zwischen Kathode und Gitter infolge der zugeführten (rückgekoppelten) Schwingungsenergie ausbildet, wird der Anodenstrom gedrosselt oder verstärkt in der Weise, daß die Wirkung die Ursache um ein Vielfaches übersteigt. Der im Rhythmus der Schwingungen im Zwischenkreis pulsierende Anodenstrom lädt den Zwischenkreiskondensator C in diesem Rhythmus wieder auf und gestattet so ein weitres Zustandekommen von Schwingungen im Zwischenkreis. Die Folge ist ein gegenseitiges Beeinflussen von Zwischenkreisschwingung und Anodenstrom mit dem Erfolg, daß die Schwingungen im Zwischenkreis bis zu einem Höchstwert aufgeschaukelt werden, der von der Leistungsfähigkeit der Röhre (ihrer Anodenspannung) abhängt. Es entsteht eine ungedämpfte Schwingung von einer Wellenlänge, wie sie im Zwischenkreis eingestellt ist, und von einer außerordentlichen Gleichmäßigkeit der Frequenz und Amplitude.



Stromkreis der Senderröhre mit dem Zwischenkreis

Die Schwingungen im Zwiſchenkreis, die durch das Taſten bereits die Geſtalt der Morſezeichen angenommen haben, werden gemäß dem neuen Bilde auf den Antennenkreis induktiv übertragen. Zu dieſem Zweck enthält der Antennenkreis eine Sender-Kopplungsſpule, die drehbar angeordnet iſt und mit der man auf den Höchſtwert der übertragnen Energie einſtellen kann. Iſt die Kopplung zu loſe, ſo wird naturgemäß wenig Energie übertragen, iſt die Kopplung zu feſt, ſo tritt Zweiwelligkeit auf, die vermieden werden ſoll.

Selbſtverſtändlich muß die Eigenſchwingung der Antenne auf die eingeſtellte Frequenz des Zwiſchenkreiſes abgeſtimmt werden, wozu drei Organe im Antennenkreis vorhanden ſind, zur Grobabſtimmung eine ſtufenweiſe durch Stöpſel anſchließbare Spule, ein Kondenſator zur Verkürzung der Eigenwelle und ein Variometer zur Feinabſtimmung. Das Luftdrahtamperemeter zeigt den erreichten Höchſtwert, das Maximum, an.



Zwiſchenkreis und Antennenkreis

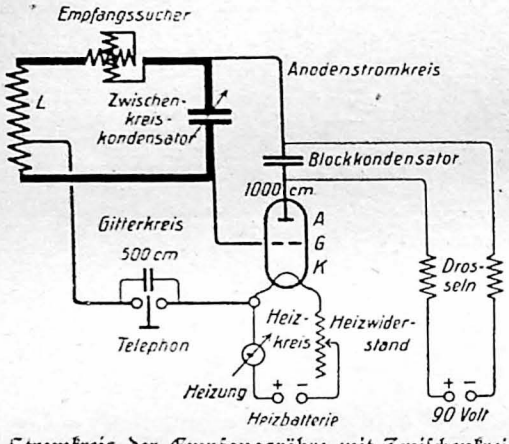
Das Lehrgerät als Empfänger

Wie nun beim Lehrgerät als Empfänger?

Während der Heizkreis in genau derſelben Weiſe geſchaltet iſt wie beim Senden, werden als Anodenſpannung nur 90 Volt verwendet, da hierbei ein weſentlich geringerer Anodenſtrom erforderlich iſt. Es fehlt natürlich auch die Taſte. Die Röhre hat zwei Funktionen, ſie wirkt als Schwingungserzeuger, aber nur von einer Energie etwa derſelben Größenordnung wie die der ankommenden Wellen, ſo daß Schwebungen entſtehen, deren Frequenz im Zwiſchenkreis beliebig eingeſtellt werden kann. Man pflegt nur Schwebungen im Bereich der hörbaren Töne und auch aus dieſen heraus nur ſolche von etwa 1000 ſekundlichen Schwingungen zu verwenden, wie das vorher auseinandergeſetzt wurde. Dieſe langſame Frequenz wird von der gleichen Kathodenröhre in ihrer zweiten Funktion als Gleichrichter hörbar gemacht. Der Zwiſchenkreis enthält im Gegenſatz zum zweitvorangehenden Bilde noch ein

kleines Variometer (Empfangssucher), mit dem die geringfügigen Veränderungen der Eigenfrequenz vorgenommen werden können. Der Empfangssucher dient zum Suchen des Empfangstons überhaupt, oder zu dessen Einstellung in der beabsichtigten Höhe. Im übrigen ist der Gitterkreis der Röhre in derselben Weise an den Zwischenkreis geschlossen, wie beim Sender, nur ist die Kopplung loser. Der Gitterkreis enthält auch das Telephon, zu dem ein Kondensator von 500 cm Kapazität parallelgeschaltet ist.

Aus dem Zwischenkreis wird minimale Empfangsenergie entnommen und dem Steuerorgan der Röhre, dem Gitter, zugeführt, wodurch der Anodenstrom in verstärkter Weise beeinflußt wird. Mit dem Zwischenkreis ist endlich der Antennenkreis in ähnlicher Weise, aber unter Zuhilfenahme einer besondern Empfängerkopplungsspule (die an Stelle der Senderkopplungsspule im vorangehenden Bilde zu denken ist) gekoppelt.



Stromkreis der Empfangsröhre mit Zwischenkreis

Da an der Wellenabstimmung des Zwischenkreises bei Empfang nichts wesentliches geändert wird, ist dieselbe Welle für den Empfang eingestellt, wie vorher beim Senden. Der Empfangssucher gleicht kleine Verstimmungen aus und gestattet, wie erwähnt, den gewünschten Ton einzustellen. Würde die Wellenlänge im Zwischenkreis genau so groß sein, wie die vom Sender auf die Empfangsantenne übertragne Welle, so wäre kein Ton im Telephon zu erwarten, da die Schwebungsfrequenz Null die Folge sein müßte. Töne unterhalb etwa 20 sekundlicher Schwingungen sind aber unserm Ohr nicht wahrnehmbar. Bei einer Verstimmung im Zwischenkreis, und zwar bei Veränderung von dessen Wellenlänge nach oben oder unten, nimmt die Tonhöhe bis zur obern Hörbarkeitsgrenze zu (etwa 20 000 sekundliche Schwingungen). Als günstigste Tonhöhe und größte Lautstärke ergeben sich Töne von 600 bis 1000 sekundlichen Schwingungen.

Zum Empfang gedämpfter Schwingungen, wie sie Funkensender ausstrahlen, geht man mit der Heizung der Röhre etwas herab, bis die Eigenschwingungen aussetzen und die Röhre nur noch als Detektor wirkt.

Die Umschaltung von Senden auf Empfang geschieht vermittels eines besondern Umschalters, der, wie das Gesamtbild der Geräteanordnung zeigt, eine Dreiteilung erfahren hat.

Der Glockenton-Sender von Prag

„Die Toten reiten schnell!" Aber auch die Lebenden. Denn zu der Zeit, als man drahtlose Sendestationen mit Kathodenstrahlröhren für Antennenkreisleistungen bis etwa 150 Watt fabrikationsmäßig herstellte und die ersten Probeausführungen von Röhren, die etwa 500 Watt abgaben, im Laboratorium untersuchte, stellte man sich die Aufgabe, einen Röhrensender für eine nutzbare Leistung von 10 KW zu bauen. Die bis dahin benutzten Röhren gaben Einzelleistungen von 10 bis 75 Watt. Der Sprung von 75 Watt auf 500 je Röhre war groß, und die Aufgabe, durch Parallelschalten solcher Röhren eine Sendestation für 10 KW Leistung zusammenzustellen, war eigentlich etwas kühn. Man versuchte natürlich zuerst im Laboratorium einige und dann mehrere solcher Röhren zusammenzustellen, und schließlich gelang es auch, 30 Röhren zusammenzustellen, die die gewünschte Leistung hergaben.

Der 10 KW-Sender wurde in direkter Schaltung projektiert, d. h. die Röhren sollten mit dem Antennenkreis ohne Einfügung eines Zwischenkreises gekoppelt werden. Der Röhrenteil hat 30 Röhren, die auf einem Tisch angeordnet sind, an dessen linken Ende der Quecksilberdampfgleichrichter nebst dazu gehörenden Betriebstransformatoren angebaut sind. Hieran schließt sich im Winkel eine pultförmige Schalttafeleinrichtung mit einem Aufbau, in dem alle notwendigen Meßinstrumente vorgesehen sind. Dieser Teil enthält auch die Anodendrossel und den Blockkondensator, ferner einen Hochspannungsölschalter, durch den man im Augenblick den ganzen Sender stromlos machen und die dem Gleichrichter (unterhalb der Röhren) parallel geschalteten Gleichrichterkondensatoren kurzschließen kann.

Die Heizung der Röhren erfolgt mittels Wechselstrom. Für jede Röhre dient ein besondrer Heiztransformator, dessen Primärwicklungen in Serie geschaltet sind und die über einen Transformator von der Heizmaschine ihren Strom bekommen. Am Röhrentisch selbst sind ferner noch die Feldregler für Heiz- und Betriebsmaschinen nebst den zugehörenden Meßinstrumenten vorhanden. Außerdem für die Röhrenheizung Regulierwiderstände und umschaltbare Voltmeter.

Die Gitterkapazität besteht aus dekadenförmig unterteilten Glimmer- oder Papierkondensatoren; sie kann durch Einzelumschalter auf die erforderlichen Kapazitätswerte gebracht werden.

Bei dem Apparat handelte es sich um eine ganz neue Einrichtung, die zuerst Mucken zeigte, daß man glaubte, sie wäre überhaupt unbrauchbar. In sorgfältigen, systematischen Untersuchungen im Laboratorium wurden die Ursachen der merkwürdigen auftretenden Erscheinungen erkannt und konnten dann leicht beseitigt werden. Sodann ar-

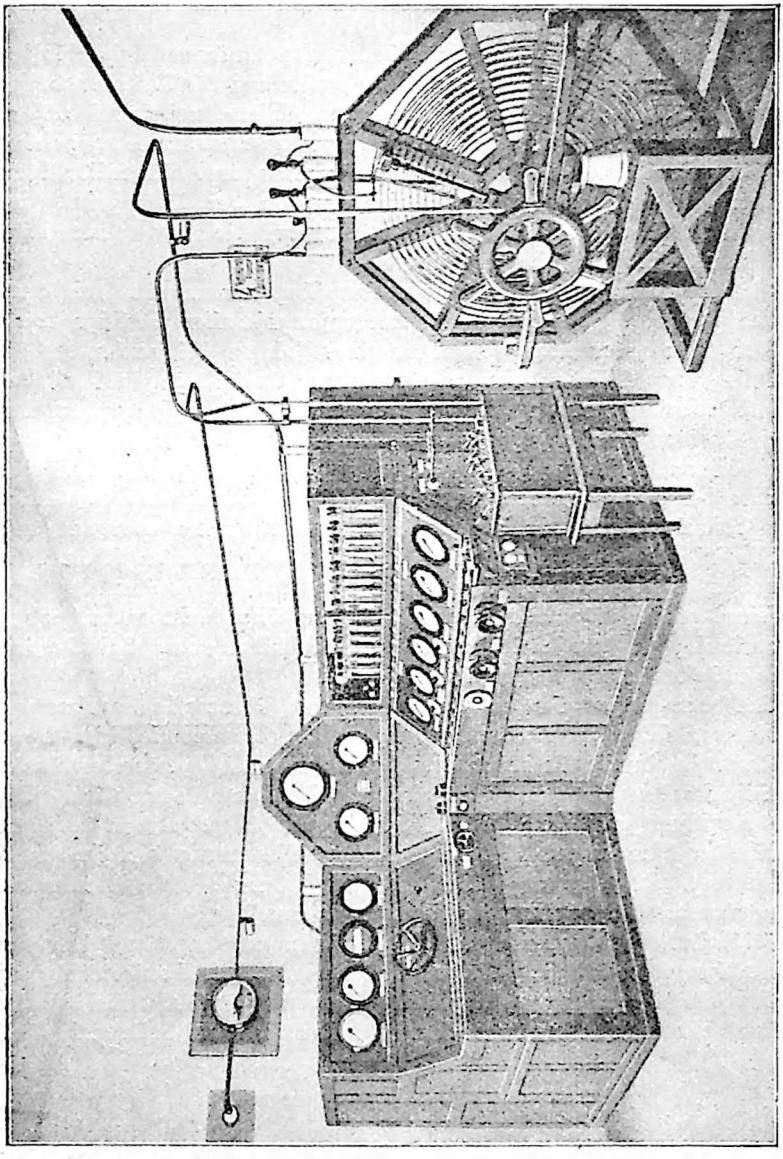
beitete der Sender bei allen Wellenlängen von 3000 bis 16 000 m einwandfrei und die im Betriebe auftretenden Strom- und Spannungsverhältnisse entsprachen genau den vorher berechneten.

Dieser Sender erbringt den Beweis, daß der Bau von Großstationen mit Röhrensendern durchführbar ist. Dieser ist mit 500-Wattröhren ausgestattet, aber diese Röhren sind nicht das größte, was sich erstellen läßt, denn schon vor Jahren konnte man einwandfrei arbeitende und betriebssichre Röhren von je 2,5 KW Leistung bauen und ist darüber natürlich schon längst weiter fortgeschritten. Es besteht also die Hoffnung, daß man binnen kurzem mit 10 KW-Röhren ebenso sicher wird arbeiten können wie bisher mit 100 oder 500 Watt-Röhren, und dann ist die Bahn frei. Denn 5 oder 10 solche Röhren parallel ergibt bereits 50 bis 100 KW und das sind Großstationsleistungen. Denn man darf nicht vergessen, daß die Röhrensender gegenüber den Maschinensendern Vorteile haben, die, so weit man auch in der Gleichmäßigkeit der Tourenzahl fortgeschritten ist, doch noch nicht so mathematisch genau arbeiten können wie die Röhrensender. Das zeigte sich, als man von Prag aus mit dem 10 KW-Röhrensender zu arbeiten begann. Der Eiffelturm in Paris war von dem „Glockenton-Sender" ganz begeistert. So nannte die dortige Station in ihrer ersten Antwort nach Prag den neuen Sender, weil er im Empfangstelephon Töne von einer Reinheit ergab, die wie Glockentöne klangen. Selbst als man dort erfuhr, daß dieser Sender von Telefunken gebaut sei, blieben die Pariser bei ihrem Lobe, obwohl sie vielleicht doch lieber mit Schiller und Beethoven gerufen hätten: „Freunde, nicht diese Töne!" Aber auch anderwärts war man neugierig, wo der neue herrlich tönende Sender stehe, und alle Stationen waren zu Versuchen mit dem neuen Apparat bereit. Moskau wollte gern mit dem Sender arbeiten, „dessen schöner konstanter Ton in den letzten Tagen schon wiederholt gehört worden sei." Da auch von Prag aus Depeschen für Moskau vorlagen, wurde der Betrieb dorthin gleich eröffnet, und Moskau war über die schnelle Folge des Gebens und Empfangens erstaunt. Ebenso gut arbeitete der Sender mit Rom, Warschau, London usw. Sogar mit der amerikanischen Station Annapolis sind Depeschen gewechselt worden. Leider steht die Station auf sehr schlechtem Untergrund, der einen sehr hohen Widerstand hat, wofür die Station nicht berechnet ist. Die langen Wellen über 8000 m können daher nicht mehr ganz ausgekoppelt werden.

Bemerkenswert ist, daß man in Prag mit den Röhren sehr gute Erfahrungen gemacht hat. Man nahm ihre Brenndauer auf 1000 Stunden an. Es hat sich aber gezeigt, daß diese bei sachgemäßer Behandlung wesentlich höher ist, und das macht die Rentabilität solcher Stationen gleich erheblich günstiger.

Über den Sender und seinen Einbau noch einige Worte. Die Maschinenanlage enthält drei Umformer: a) den Drehstrom-Wechsel-

ſtrom-Umformer für den Anodenſtrom. Er beſteht aus einem Drehſtromnotor und einem Wechſelſtromgenerator nach dem Induktortyp



Der Telefunken-10 KW-Röhrenſender in Prag. Röhrenſchrank mit angebauter Gitterkopplung und Anodenkopplungsſpule, über dem Schrank das Antennenamperemeter

für 25 KW Leiſtung bei einer Frequenz von 500 Perioden. b) den Drehſtrom-Wechſelſtrom-Umformer für die Heizung, beſtehend aus einem Drehſtromnotor und einem Wechſelſtromgenerator von 5 KW be-

1000 Perioden. c) Zur Betätigung des Taſtrelais und des automatiſchen Sendeempfangsſchalters dient ein bereits vorhandener Drehſtrom-Gleichſtrom-Umformer für 10 KW, dem aber nur 1 KW Leiſtung entnommen wird.

Der Sender iſt an die ſchon beſtehende Antenne angeſchloſſen, die als T-Antenne 180 m Länge, 52 m Breite bei 30 Drähten beſitzt. Sie wird getragen von vier 50 m hohen Eiſen- und zwei 60 m hohen Holzmaſten, die zur Entlaſtung der vier Eiſenmaſte vorgeſehen ſind. Die Erdanlage beſteht aus Zinkplatten und Metalldrähten, muß aber als ungünſtig angeſehen werden, da der Untergrund aus aufgeſchütteten Sand- und Kalkſteinen beſteht, die von einer etwa 50 cm ſtarken Erdſchicht bedeckt ſind.

Getaſtet wird der Sender vom Empfängerraum aus mit einer Kipptaſte, durch die auch der Sendeempfangsſchalter betätigt wird.

Der ſcheinbaren Kompliziertheit eines ſolchen Röhrenſenders im Verhältnis zum Lichtbogenſender ſteht der Vorteil gegenüber, daß hierbei Wellenlängen von faſt beliebig kleinen Abmeſſungen erreicht werden können und daß vor allem der Dauerbetrieb einer Station keinen Störungen und Unterbrechungen ausgeſetzt iſt, weil nicht, wie bei den Bogenlampen, auf die Erwärmung und vor allen Dingen den Verſchleiß der Kohlen Rückſicht genommen werden muß.

Die abſolute Gleichmäßigkeit ſeiner Wellen wurde ſchon hervorgehoben. Beliebige Wellenänderungen und Wellenkonſtanz ſind auch ſeine großen Vorteile gegenüber dem Maſchinenſender, wenn auch vorläufig für große Leiſtungen der Maſchinenſender bei Verzicht auf die Wellenändrung ihm überlegen iſt.

Bei dem großen Sender ſind allerdings Oberwellen vorhanden, aber deren Stärke (Amplitude) iſt gegen die Grundwelle ſehr klein. Man kann ſie durch Kombinationsſchaltungen ganz vermeiden, aber dieſe Schaltweiſen ſind ſehr kompliziert. Da die Oberwellen nicht ſtören, verzichtet man auf dieſe Schaltungen. Benutzt man dagegen an Stelle der hier angewendeten „direkten" Schaltung die Zwiſchenkreisſchaltung, nach der ſchon Sender bis zu 5 KW gebaut wurden, ſo kann man die Oberwellen praktiſch ganz vermeiden.

Schließlich ſoll noch darauf hingewieſen werden, daß ſich für die Ausführung von Groß-Röhrenſendern mit Telephonieeinrichtung beſonders günſtige Löſungen ergeben. Man iſt bereits dabei, ſolche zu bauen, und nach den Vorverſuchen laſſen ſie das beſte erhoffen.

Ortsbestimmung mittels drahtloser Telegraphie

Die praktische Aufgabe

Ein schwieriges, aber äußerst wichtiges Problem besteht für Schiffe, Lenk- und Freiballons und dergleichen darin, ihre augenblickliche Stellung oder ihren Kurs bei unsichtigem Wetter festzustellen. Die drahtlose Technik erschien seit langer Zeit als ein geeignetes Mittel, und es wurden zahlreiche Methoden bereits angegeben, die für diesen Zweck die neue Signalmethode nutzbar machen sollten. Man fand eine Reihe Lösungen, die indessen bisher nie so befriedigten, daß sie zu einer erheblichen praktischen Anwendung führten.

Die Aufgabe besteht darin, die Lage einer beweglichen drahtlosen Station zu einer oder mehreren festen Stationen durch irgend eine Messung aufzufinden. Zwei verschiedne Wege erschienen von vornherein gangbar. Der eine besteht darin, daß die bewegliche Station, die sich orientieren will, nach den festen Stationen hin Signale sendet und die festen Stationen rückmelden, aus welcher Richtung sie diese Signale aufgenommen haben. Es wird also die eigentliche Ortsbestimmung hierbei in den festen Stationen ausgeführt und das Resultat auf drahtlosem Wege der beweglichen Station mitgeteilt. Das zweite Verfahren besteht darin, daß die festen Stationen Signale geben und die beweglichen feststellen, aus welcher Richtung die Signale bei ihr ankommen.

Bei beiden Verfahren ist es selbstverständlich notwendig, daß die eine der Stationen, also entweder die feste oder die bewegliche, die elektrischen Fernwirkungen nicht nach allen Seiten gleichmäßig abgeben bzw. aufnehmen, sondern mit *gerichteter* Telegraphie arbeiten.

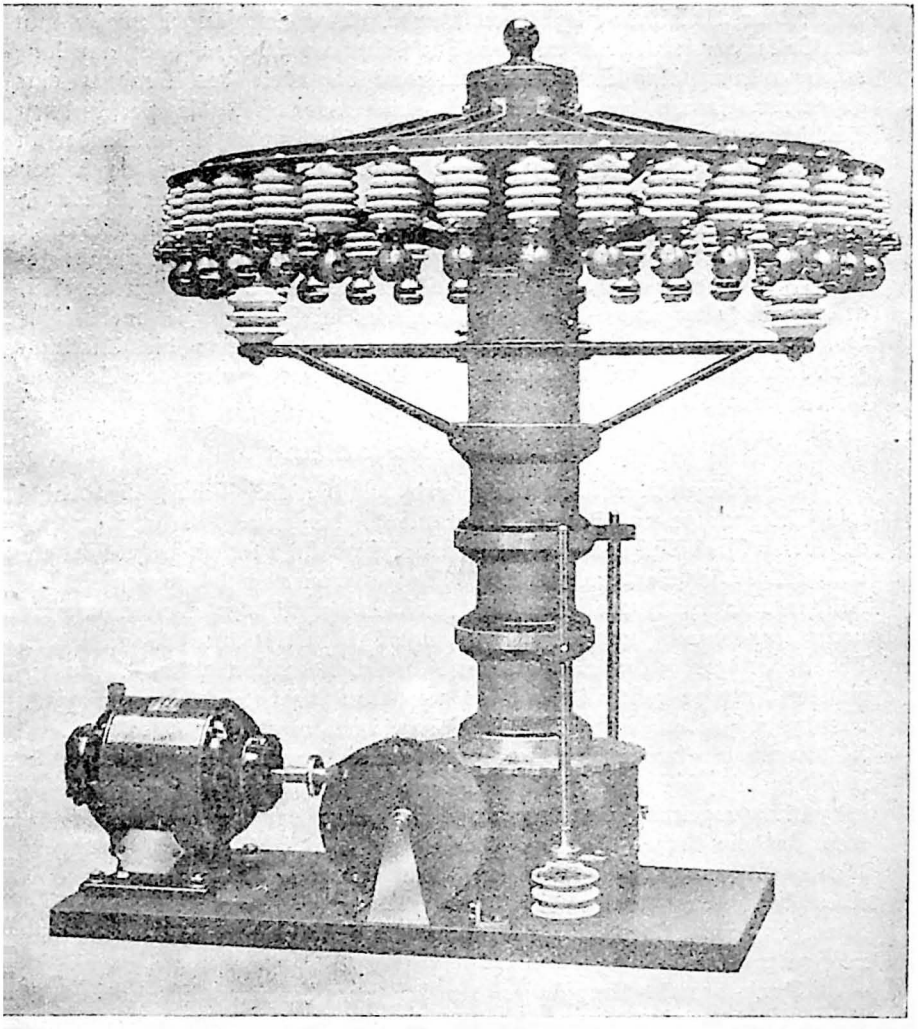
Gerichtete Telegraphie

Eine Richtungsgebung wird bekanntlich durch besondre nicht symmetrisch angeordnete Antennen ermöglicht, die einseitig wirken. Solche Antennen sind wesentlich komplizierter als ungerichtete symmetrische und beanspruchen eine größre Installationsfläche oder einen größern Installationsraum. Dieser ist aber bei beweglichen Stationen, auf Schiffen oder in Lenk- oder Freiballons selten vorhanden. Solche Antennen bilden in jedem Falle eine höchst unvollkommne Komplikation, die nicht ohne störenden Einfluß auf die Betriebsverhältnisse des Schiffes oder des Luftfahrzeugs bleibt. Es folgt hieraus, daß Aussicht für erhebliche praktische Anwendung nur eine Methode haben kann, die bei der beweglichen Station auf die Anbringung gerichteter Antennen verzichtet.

Trotz dieser Sachlage ist, wenn auch vereinzelt, ehedem bei der französischen Handelsflotte eine Anordnung eingeführt worden, die mit gerichteten Antennen an Bord der Schiffe arbeitet, und zwar mit zwei Doppel-Antennen, deren Ebenen im Winkel von 90° gekreuzt sind. Das ist die Anordnung von Bellini-Tosi, wobei der Empfangs-Apparat mit der eben beschriebnen Antenne unter Zwischenschaltung eines sogenannten „Radiogoniometers" verbunden ist. Die Orientierung der Schiffe erfolgt dann in der Weise, daß sie beim Vorbeifahren an den Küstenstationen durch Drehung des Radiogoniometers feststellen, aus welcher Richtung die Signale der festen Stationen am stärksten oder am schwächsten eintreffen. Mit Hilfe der Karte, worauf die festen Stationen eingezeichnet sind, läßt sich auf diese Weise eine Ortsbestimmung der Empfangsstation ausführen. Der Nachteil dieser Anordnung besteht einmal darin, daß die Schiffs-Stationen unbequeme und komplizierte Antennen und unnormale Empfangsapparate einführen müssen, und andrerseits, daß eine individuell verschiedne Eichung dieser „Kompaßeinrichtung" bei jedem einzelnen Schiff ausgeführt werden muß. In Rücksicht nämlich auf die geringen Breitenmaße der Schiffe, die nur kleine Antennengebilde zulassen, sind für das Bellini-Tosi-Verfahren sehr kurze Wellenlängen notwendig. Kurze Wellen haben aber bekanntlich die Eigenschaft, von leitenden Flächen leicht reflektiert und damit aus ihrer ursprünglichen Richtung gebracht zu werden. Ein großes Schiff mit seinen gewaltigen Metallmassen besitzt stets zahlreiche Möglichkeiten der Reflektion und die so hervorgerufnen Abweichungen müssen durch individuelle Eichung (ähnlich wie beim Magnet-Kompaß) beseitigt werden.

Wesentlich einfacher und zweckmäßiger erscheint demnach für die praktische Einführung das andre Verfahren, wonach feste Stationen gerichtete Signale senden und der bewegliche Empfänger mit einer ungerichteten Antenne ausgerüstet, die Richtung feststellt, woher die Signale kommen. Die eben angeführten Überlegungen veranlaßten das Preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten, ein entsprechendes Verfahren ausarbeiten zu lassen. Monatelange Versuche wurden in der Nähe Berlins am Müggelsee angestellt und hierbei an zwei festen Punkten Sender mit gerichteten Antennen errichtet, die aus sehr vielen einzelnen Drähten bestanden. Die Sender-Antenne bestand beispielsweise aus 32 niedrigen Masten, die auf den Umfang eines Kreises von etwa 200 Meter Durchmesser in gleichen Abständen aufgestellt waren. Von je zwei gegenüberliegenden Masten wurden die Zuleitungen zu dem in der Mitte des Kreises befindlichen Apparatenraum geführt. Die Senderapparate wurden nun zeitlich nacheinander mit jedem dieser Antennenpaare verbunden und von jedem Antennenpaar aus ein andrer Buchstabe oder ein andres Signal abgegeben. Befand sich ein gewöhnlicher Hörempfänger mit ungerichteter Antenne in der Ebene des Mastpaares, mit dem in dem betreffenden Augenblick ge-

arbeitet wurde, so erhielt dieser Empfänger die Maximalenergie. Das Mastenpaar arbeitet nämlich mit einer solchen Wellenlänge, daß die Wirkung, die von dem vordern und von dem hintern Maste



Telefunken-Kompaß

mit entgegengesetzter elektrischer Phase ausgeht, sich in dieser Ebene addiert. (Die halbe Wellenlänge war annähernd gleich dem Mastabstand gewählt worden.) Befindet sich dagegen der Empfänger genau senkrecht zu der Ebene des benutzten Mastenpaares, so treffen

gleichzeitig die beiden von den Masten ausgehenden und in entgegengesetzter Phase schwingenden elektrischen Senderwirkungen auf den Empfänger und heben sich auf. Die Anordnung wurde so gewählt, daß mit jedem Antennenpaar und damit bei jeder Raumstellung ein andrer Buchstabe abgegeben wurde. Der Empfänger mußte nun im Telephon feststellen, welcher Buchstabe am leisesten oder am lautesten ankam. Auf einer Karte werden die Orte des Senders eingezeichnet, ferner die einzelnen Antennenpaare und die verschiednen Buchstaben der einzelnen Antennenpaare. Sind zwei solcher Sender in bestimmten Abständen vorhanden, so kann der Empfänger die beiden zugehörigen Richtungen feststellen und diese dann auf der Karte so einzeichnen, daß der Schnittpunkt dieser Linie seine augenblickliche Stellung angibt. Bei diesem Verfahren war der Telegraphist genötigt, sich einerseits die Lautstärke verschiedner Signale zu merken, andrerseits aber auch den zugehörenden Buchstaben. Je mehr Antennen benutzt wurden, um so genauer konnte zwar die Richtung festgelegt werden, um so zahlreichere Signale mußte aber der Telegraphist auseinander halten.

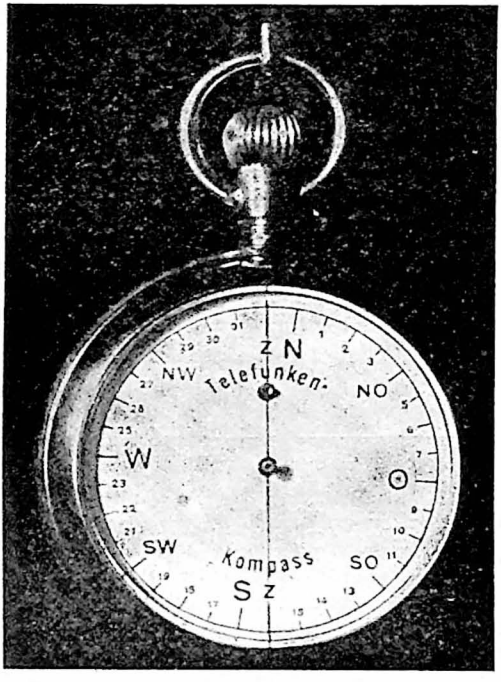
Der Telefunkenkompaß

Von diesen Versuchen ausgehend hat die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin (Telefunken) eine neue Methode ausgearbeitet. Die Tätigkeit des Telegraphisten ist hierbei erheblich erleichtert. Die Sendereinrichtung ist im großen und ganzen beibehalten, nur wird der eben beschriebnen gerichteten Senderantenne noch eine zweite ungerichtete hinzugefügt. Stets vor Beginn der Arbeit des gerichteten Senders wird der Senderapparat an die ungerichtete Antenne geschaltet und es wird mit dieser ein kurzes Signal, das im folgenden als „Zeitsignal" bezeichnet werden soll, abgegeben. Alsdann wird durch eine automatische Schaltvorrichtung der Sender mit den einzelnen gerichteten Antennenpaaren verbunden und gibt in zeitlich regelmäßigen Abständen mit jeder der gerichteten Einzelantennen ein kurzes Zeichen. Dieses Zeichen ist für alle gerichteten Antennen das gleiche. Die gerichteten Signale beginnen stets mit einer bestimmten Antenne, z. B. der Nord-Südantenne und gehen dann im Sinne des Uhrzeigers mit konstanter Geschwindigkeit der Stoppuhr.

Der normale Empfänger der sich orientierenden Station erhält einen neuen Zusatzapparat in Gestalt einer mit der Drehgeschwindigkeit des Senders synchronen Anzeige-Vorrichtung. Diese ist als „Stoppuhr" ausgeführt, die nicht in Grade geteilt ist, sondern in Himmelsrichtungen wie eine Windrose. Der Anfangspunkt der Stoppuhr ist mit derjenigen Himmelsrichtung bezeichnet, mit der der gerichtete Sender seine Drehbewegung anfängt, also in unserm Falle beispielsweise mit der Nord-Süd-Richtung. Der Telegraphist hört das

Zeitsignal des Senders, drückt auf die Stoppuhr, so daß der Zeiger seine Bewegung anfängt. In diesem Moment gehen vom Sender gerichtete Signale in der Nord-Süd-Richtung aus und die Zeigerdrehung der Stoppuhr beginnt. Hört der Telegraphist das Minimum der Lautstärke, so arretiert er die Stoppuhr. Ihr Zeiger steht dann auf derjenigen Richtung, in der der Sender das mit minimaler Lautstärke angekommne Signal abgab.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit des Senders bzw. der Stoppuhr beträgt eine halbe Minute, so daß beispielsweise in 5 Minuten 10 vollkommne Drehungen und 10 vollkommne Messungen der Lautstärke ausgeführt werden. Der Mittelwert hat dann eine erheblich größre Genauigkeit, als bei einer einzigen Messung. Die Sendereinrichtungen erhalten automatischen Antrieb, besondres Bedienungspersonal ist daher unnötig. Die Tätigkeit des Telegraphisten an der Empfangsstation ist auf die Feststellung des Minimums der Lautstärke und auf das Ingangsetzen und Arretieren einer Stoppuhr beschränkt.



Stoppuhr

Ist nur ein fester Sender vorhanden, so läßt sich ungefähr die Richtung des beweglichen Empfängers zu diesem festlegen und es muß, wenn eine eindeutige Ortsbestimmung erzielt werden soll, noch eine Abstandsbestimmung von der festen Station hinzugefügt werden. Bei Schiffen auf See ist dies beispielsweise durch Lotungen oder dergleichen möglich.

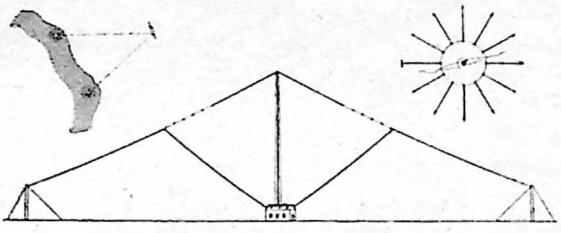
Sind zwei feste Stationen vorhanden, so werden vom Empfänger zwei Richtungsbestimmungen ausgeführt, diese auf der Karte eingetragen und der Ort des Empfängers als Schnittpunkt der beiden Richtungen gefunden. Die Genauigkeit wird um so größer sein, je kleiner die Entfernung des Empfängers von der oder den festen Stationen ist und je mehr der beobachtete Richtungswinkel sich 90° nähert.

Nach den bisherigen Ergebnissen scheint es möglich zu sein, für einen festen Sender den Winkel bis auf 3 oder 4° genau zu bestimmen.

Die neuen von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie für Richtungsbestimmungen ausgearbeiteten Apparate bestehen aus speziellen Sendeeinrichtungen mit besondern Antennen. Dazu kommen besonders geeichte Stoppuhren für den sonst normalen Hör-Empfänger. Die ganze Einrichtung wird als „Telefunken-Kompaß" bezeichnet. Die Abbildungen zeigen das Modell der Senderantenne und die zugehörige Form der Stoppuhr.

Die praktische Einführung dieser Methode für die Deutsche Luftschiffahrt war so gedacht.

Man würde z. B. an der politischen Grenze Deutschlands eine Kette von festen Stationen mit je 50 bis 100 km Abstand errichten, so daß die größte Entfernung für die Stationen an Bord der Luftschiffe von diesen Stationen beim Überfliegen der Kette höchstens 50 km betragen würde. Hierdurch würden die Insassen der Luftfahrzeuge nicht allein die Tatsache der Grenzüberschreitung in ihrem Empfangsapparat beobachten, sondern eine genaue Feststellung ihres augenblicklichen Standpunktes sehr leicht bewerkstelligen können. Eine ähnliche Kette von Stationen, ebenfalls mit 100 km Abstand an der Nordküste Deutschlands installiert, würde die Luftschiffer vor der Gefahr eines unbeabsichtigten Überfliegens der See schützen. Man würde für die Westgrenze etwa 15, für die Nordseeküste 4 bis 5 und für die Ostseeküste 5 Stationen brauchen.



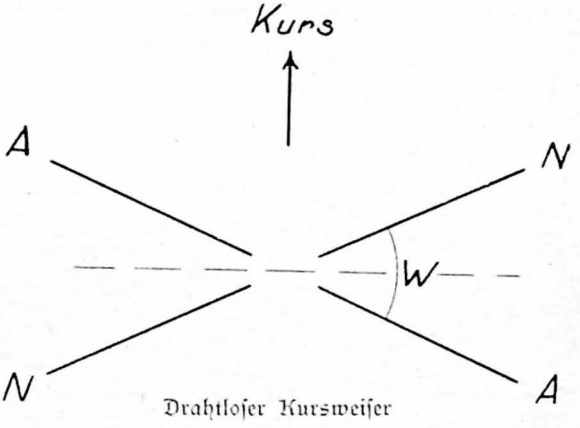
Sender des Telefunken-Kompaß

Der Bedarf an elektrischer Energie für jede dieser Nicht-Stationen würde weniger als $^1/_2$ kW betragen. Die Stationen sollten in größrern Städten oder Ortschaften oder in der Nähe solcher installiert werden und die Energie könnte daher aus vorhandnen Elektrizitäts-Werken entnommen werden. Zum Tragen der Antenne würden sich in den meisten Fällen vorhandne Schornsteine oder dergleichen benutzen lassen. Personal für die Wartung der Stationen wäre unnötig, da diese automatisch arbeiten.

Das dritte Bild zeigt einen Hauptteil der inneren Einrichtung einer solchen Sender-Station, nämlich die automatische Umschaltung auf die einzelnen Richt-Antennen. Man sieht eine vertikale Achse aus Isolations-Material, an deren oberm Ende kreisförmig eine Reihe von Anschlußpunkten auf Isolatoren installiert sind. Mit diesen sind

die einzelnen Richt-Antennen elektrisch verbunden. Zwei durch den unten sichtbaren Motor in langsamer Rotation erhaltne Kontakte verbinden in regelmäßigen Zeit-Intervallen die auf der Abbiildung nicht sichtbare Sendeapparatur mit den 32 verschiednen Antennen zeitlich nacheinander. Durch das Getriebe zwischen Motor und Schaltapparat wird nach jeder halben Umdrehung die Sendeapparatur an die nicht gerichtete Zeit-Antenne einen Augenblick lang angeschlossen.

Eine weitre von Telefunken herrührende Verbesserung, nämlich eine neue Antennen-Anordnung für Richtsender ist auch im Bilde dargestellt. Von einem einzigen neutralen Mast, Schornstein oder dergleichen wird in der Mitte eine Schirmantenne in der üblichen Weise getragen, die zur Abgabe der Zeitsignale dient. Unter dieser, und zwar durch Isolatoren von den Schirmdrähten getrennt, sind die Drähte der Richtantennen installiert, die außen an niedrigen Masten oder Pfählen verankert sind. Eine solche Senderanordnung wurde in Gartenfelde bei Spandau installiert, wobei die Masthöhe etwa 20 m betrug. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß einziger Mast beide Antennen trägt. Die Skizze oben links im Bilde (S. 184) zeigt schematisch die Orientierung eines Schiffes nach 2 Richt-Stationen an der Küste. Oben rechts ist schematisch die Wirkung des Kontakt-Apparates zur Darstellung gebracht, der den Sendeapparat nacheinander mit den Richtantennen verbindet, bei einer bestimmten Stellung aber mit der Zeitsignal-Antenne.



Drahtloser Kursweiser

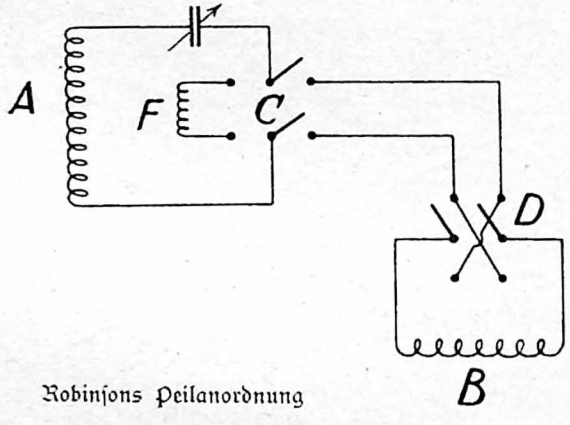
Drahtloser Kursweiser

Sowohl der von Dr. Alexander Meißner ausgebildete Telefunkenkompaß, wie auch das von Scheller angegebene und von Kiebitz 1917 versuchsmäßig erprobte Verfahren zur drahtlosen Ortsbestimmung bedienen sich übereinstimmend gerichteter Sender und normaler ungerichteter Empfänger. Beim zweiten Verfahren ist die Sendestation mit zwei Doppelantennen AA und NN ausgerüstet, die einen spitzen Winkel W miteinander bilden. Das eine Antennenpaar sendet dauernd das Morsezeichen a (.—) aus, das andere gleichzeitig das Zeichen n (—.). Ein Schiff, das senkrecht zur Winkelhalbierenden des Winkels

W fährt, hört beide Zeichen gleich laut. Weicht es von diesem Kurse ab, so wird entweder das a lauter und das n leiser oder umgekehrt, je nachdem es sich auf der einen oder andern Seite der Linie befindet. Dieses Verfahren ist aber nicht sonderlich geeignet und auch gar nicht in Aufnahme gekommen.

Die Peilung mit Empfangsrahmen

Die Rahmenantenne bot für das drahtlose Peilen ein neues Mittel. Aber die Rahmen waren alle noch zu groß, als daß sich mit ihnen handlich arbeiten ließ. Die Erfindung des Hoch- und Niederfrequenzverstärkers ist deshalb für die weitre Entwicklung des drahtlosen Peilens von ausschlaggebender Bedeutung geworden, denn nunmehr schrumpften die Rahmenabmessungen auf 1 Meter Seitenlänge zusammen und wurden leicht drehbar. Diese neue Anordnung übertrifft die schon erwähnte Anordnung von Bellini-Tosi mit dem Goniometer und ist daher im neuen Telefunken-Peilgerät zu einem brauchbaren Instrument geworden. Leider hat sie dennoch den Nachteil, daß sie wohl die Bestimmung der Wellenrichtung gestattet, aber nicht eindeutig, weil man nicht feststellen kann, welche der beiden um 180 Grad voneinander verschiednen Richtungen die richtige ist. Solange man nun zwei Stationen anpeilt, spielt das keine Rolle, wohl aber in der Schiffahrt, wo man etwa die Lage eines im Nebel befindlichen Schiffes ermitteln will. Kombiniert man nun einen einfachen ungerichteten Luftleiter mit einer gerichteten Antenne, z. B. einem Rahmen, so wird der Empfang einseitig und man kann nun die Richtung eindeutig feststellen. Aber die Einstellung und Bedienung dieser Anordnung ist nicht so einfach, wie die der normalen zweiseitig wirkenden Apparatur, was sich besonders dann sehr unangenehm bemerkbar macht, wenn man Stationen peilt, die mit verschiedenen Wellenlängen arbeiten. Der Einfachrahmen wird also in bezug auf Einfachheit für die Ortsbestimmung den Vorzug erhalten.



Robinsons Peilanordnung

Die Ausführung der Peilung geht nun so vor sich: Nach Abstimmung des Hauptkreises auf die Wellenlänge der zu peilenden Station wird durch Drehen der Rahmenapparatur die größte Laut-

stärke der Zeichen eingestellt. Schaltet man dann mittels des Umschalters C den Hilfsrahmen in den Kreis ein, so tritt, falls die Richtung noch nicht genau stimmt, eine Zu- oder Abnahme der Lautstärke ein, je nachdem der Schalter D nach links oder rechts bewegt wird. Durch leichtes Nachdrehen der Rahmen und abwechselndes Umlegen des Schalters D läßt sich dann eine Stellung finden, bei der ein wahrnehmbarer Intensitäts-Unterschied der Zeichen nicht mehr eintritt. Die Ebene des Hauptrahmens ergibt dann die Richtung der Wellen, die von der Sendestation ausgehen.

Die Genauigkeit der Methode hängt von der Empfindlichkeit des Ohres des Beobachters ab. Je kleiner die Lautstärkenunterschiede sind, die er noch mit Sicherheit wahrzunehmen vermag, um so genauer wird die Peilung ausfallen. Nimmt man in Übereinstimmung mit der Praxis an, daß Unterschiede von etwa 10 Prozent noch wahrgenommen werden können — eine Zahl, die aber wohl nur für sehr geschulte Beobachter zutrifft —, so ergibt sich eine Genauigkeit von 1 Prozent. Rechnung und Versuche haben ferner gezeigt, daß zwecks Steigerung der Empfindlichkeit die Windungsfläche des Hilfsrahmens um ein Mehrfaches größer gemacht werden muß, als die des Hauptrahmens. Inwieweit durch eine entsprechende Anordnung eine Erhöhung der Peilgenauigkeit eintritt, geht aus der folgenden Tabelle hervor, die Dr. Esau, der Empfangsspezialist von Telefunken, in der Telefunken-Zeitung mitteilt.

Verhältnis der Windungsflächen des Hilfsrahmens zum Hauptrahmen	% Intensitätsänderung bei 1° Richtungsdifferenz
1/4	0,9
1	3,5
2	7
5	17
10	35

Mit wachsender Größe des Hilfsrahmens wird in der Tat eine Steigerung der Empfindlichkeit erreicht. Indessen muß im Auge behalten werden, daß praktisch über ein Verhältnis von etwa 1 : 3 nicht hinausgegangen werden kann.

Gegenüber den vorhin beschriebnen Peilanordnungen hat diese Methode den Vorzug, daß nicht mit dem Minimum der Lautstärke gearbeitet wird. Sie ist deshalb für Flugzeuge — wo infolge der starken Motorengeräusche die Minimum-Methoden ungenau werden — mit Erfolg angewendet worden, setzt aber geschultes Beobachtungspersonal voraus.

Der neue Telefunken-Peiler

Die zahlreichen noch immer vorhandenen Mängel aller dieser Einrichtungen veranlaßten Telefunken, ein neues Gerät, den „Telefunken-radiopeiler", auszubilden. Dieser weist gegenüber frühern Modellen

wesentliche Verbesserungen auf, die einmal in der großen Lautstärke und der hervorragenden Peilschärfe liegen. Die Bedeutung der großen Lautstärke, die es gestattet, auch entfernte Sender zum Anpeilen zu benutzen, liegt auf der Hand. Der neue Peilapparat benutzt als Verstärkereinrichtung vier Glühkathodenröhren in Hochfrequenzverstärkerschaltung. Durch die Verwendung eines besondern in den Apparatekasten eingebauten Überlagerers wird nicht nur eine wesentliche weitre Steigrung der Empfangslautstärke, sondern namentlich bei langen Wellen, auch eine bessre Toneinstellung erzielt. Wenn erforderlich, kann an das Gerät außerdem ein dreifacher Niederfrequenzverstärker angeschlossen werden, so daß es möglich geworden ist, sowohl tönende Stationen, wie auch ungedämpfte Sender über Entfernungen anzupeilen, die den praktischen Verhältnissen vollauf entsprechen.

Von noch größrer Bedeutung als die Lautstärke ist für einen Peilapparat die Erzielung eines haarscharfen Minimums bei Feststellung der Peilrichtung. Die geographische (rechtweisende) Richtung soll dabei zusammenfallen mit der senkrechten auf die Rahmenfläche, die sich durch Hineindrehen des Rahmens in die Minimumfläche ergibt.

Es ist bekannt, daß die elektrische Komponente der elektromagnetischen Wellen eines Senders nicht immer, offenbar infolge atmosphärischer Einflüsse oder bedingt durch die wechselnde Leitfähigkeit des Bodens, senkrecht steht. In einem solchen Falle ist im allgemeinen auf ein völliges Verschwinden der Morsezeichen der anzupeilenden Sendestation nicht sicher zu rechnen.

Bei dem neuen Telefunkenpeiler ist die Schwierigkeit, die Einstellung eines absolut scharfen Minimums, in für die Bedienung einfacher Weise durch Verwendung einer besondern Hilfsantenne gelöst worden.

Der Apparat besteht aus einem viereckigen Sockel, auf dem durch ein Handrad drehbar der Rahmen mit eingebautem Apparatekasten angebracht ist. Der Sockel trägt eine nach der geographischen Nord-Süd-Richtung einzustellende Scheibe, auf der sich mit dem Rahmen zugleich der Zeiger dreht. Der Apparatekasten kann abgehoben und dann auch der Rahmen entfernt werden. Das Gerät ist, um ihm eine möglichst große Verwendbarkeit zu geben, mit auswechselbarem Rahmen ausgestattet, von denen

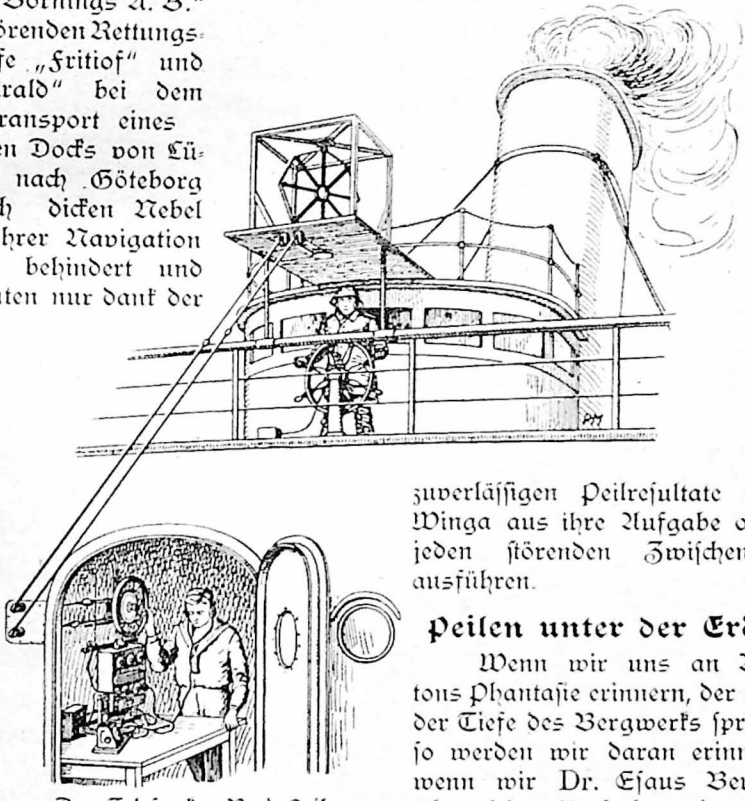
der	1.	einen Wellenbereich	von	275	bis	750 m
„	2.	„	„	550	„	1500 m
„	3.	„	„	1100	„	3000 m
„	4.	„	„	2200	„	6000 m

gibt.

Bei Verwendung des Geräts für Schiffe wird der Apparatekasten vom Sockel getrennt und dieser kardanisch aufgehängt, durch ein schweres Gegengewicht in stets senkrechter Lage ausbalanziert.

Die Peilschärfe dieses auch konstruktiv sehr gut durchgebildeten Apparates ist beim Empfang tönender Sender auf etwa $^1/_2{}^0$ und bei ungedämpften Sendern auf etwa $^1/_{10}{}^0$ ermittelt worden.

Das praktische Arbeiten mit dem Peiler liefert gute Ergebnisse. So teilt die Elektriska Aktiebolaget AEG Stockholm mit, daß mit der von Telefunken gelieferten Peilanlage in Winga sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt sind. So waren die der „Göteborgs Bogserings- und Börnings A. B." gehörenden Rettungsschiffe „Fritiof" und „Harald" bei dem Transport eines neuen Docks von Lübeck nach Göteborg durch dicken Nebel in ihrer Navigation stark behindert und konnten nur dank der zuverlässigen Peilresultate von Winga aus ihre Aufgabe ohne jeden störenden Zwischenfall ausführen.



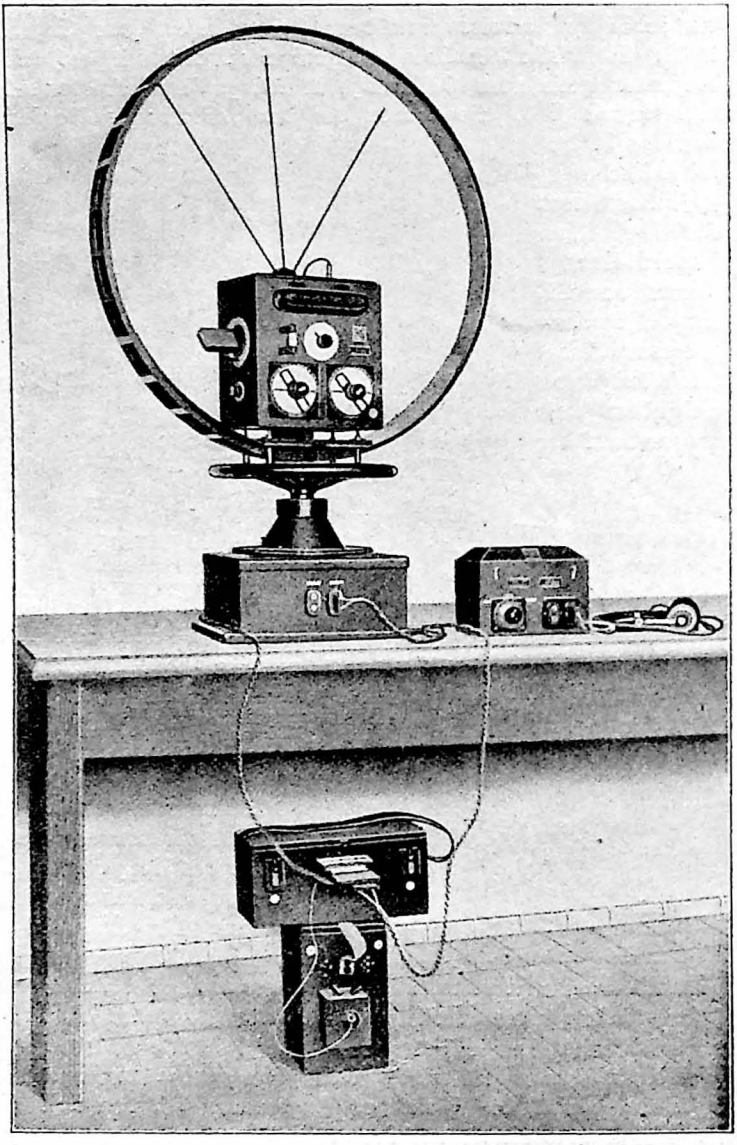
Der Telefunken-Bord-Peiler im Dienst

Peilen unter der Erde

Wenn wir uns an Arytons Phantasie erinnern, der von der Tiefe des Bergwerks sprach, so werden wir daran erinnert, wenn wir Dr. Esaus Bericht über seine Versuche mit Peilanlagen unter der Erdoberfläche lesen. Man wird zuerst froh sein, wenn wieder einmal ein Problem wie das Peilen auf der Erde oder dem Wasser oder in der Luft befriedigend gelöst sein wird. Aber schon wieder weiter erstrecken sich die Wünsche und die Ziele der Ingenieure für drahtlose Telegraphie. Dr. Esau berichtet darüber folgendermaßen.

Unterirdische Peilungen sind mit wechselndem Erfolge ausgeführt worden. Nicht nur die Intensität der Zeichen im Erdinnern ist sehr wechselnd, sondern auch deren Richtung, und zwar hängen diese Erscheinungen von der tektonischen Zusammensetzung des den Beobach-

tungsort umgebenden Erdreichs und natürlich auch von der Tiefe ab. Im Kalksteingebirge konnte Dr. Esau noch 50 Meter unterhalb der



Der Telefunken-Radiopeiler

Oberfläche die Richtung einer etwa 2000 km entfernten Station eindeutig feststellen, wobei Unterschiede gegenüber dem an der Ober-

fläche erhaltnen Werte nicht beobachtet werden konnten. Feuchter Boden und erzhaltiges Gebirge werden ſich natürlich ſehr viel ungünſtiger verhalten und in den allermeiſten Fällen die Ausführung einer unterirdiſchen Peilung unmöglich machen.

Noch ungünſtiger liegen die Verhältniſſe unter Waſſer. Die Intenſität der eindringenden Wellen nimmt beſonders bei Seewaſſer mit wachſender Tiefe ſehr ſchnell ab, was eine Peilung nur auf kurze Entfernungen möglich macht. In Frage kommen nur längere Wellen, da die Eindringtiefe bei kurzen Wellen verſchwindend klein wird. Immerhin liegt aber die Peilung unter Waſſer durchaus im Bereich des Möglichen.

Alſo auch dieſer Teil der Ayrtonſchen Phantaſie ſcheint in Erfüllung gehen zu wollen und es ſieht bald ſo aus, als obs überhaupt nichts mehr gibt, was der menſchliche Erfindungsgeiſt nicht noch meiſtern wird. Und wenn man bedenkt, daß kaum ein Vierteljahrhundert genügt hat, aus weiteſtſchweifender Märchendichtung Wahrheit zu machen, ſo wird man immer wieder erſtaunt ſein über die Kraft des menſchlichen Geiſtes und ſich freuen darüber, wie herrlich weit wirs ſchon gebracht haben.

Der Siemens-Schnelltelegraph

Die wirtſchaftliche Bedeutung der Telegraphiergeſchwindigkeit

Je ſchneller man telegraphiert, deſto wirtſchaftlicher arbeitet die Anlage. Denn wenn man mit einer Einrichtung nur 150 Buchſtaben in der Minute ſenden kann, ſo arbeitet ſie nur halb ſo wirtſchaftlich, als wenn man 300 zu übermitteln vermag. Aber man iſt dabei nicht ſtehen geblieben, ſondern hat Apparaturen entwickelt, die bis zu 1000 Buchſtaben in der Minute bewältigen. Unter ihnen hat ſich der Siemens-Schnelltelegraph als der leiſtungsfähigſte erwieſen. Er hat ſich deshalb ſowohl in der Draht- wie auch in der drahtloſen Telegraphie ſehr ſchnell eingebürgert und durch ſeine Zuverläſſigkeit und ſchnelle Arbeitsweiſe die größten Erfolge aufzuweiſen. Das iſt namentlich für die drahtloſe Telegraphie von größter Bedeutung. Denn die ganze Anlage wird durch jede Steigerung der Telegraphiergeſchwindigkeit wirtſchaftlicher. Zudem liefert er gewöhnliche Druckſchrift, die für jederman unmittelbar lesbar iſt.

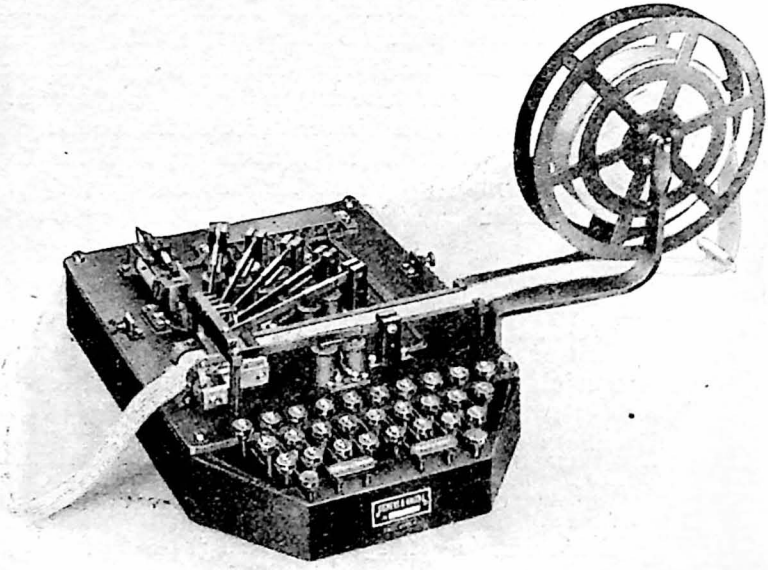
Der Siemens-Schnelltelegraph

Der Siemens-Schnelltelegraph iſt ein Maſchinentelegraph, bei dem alſo die Zeichen nicht unmittelbar von Hand telegraphiert, ſondern in einen Papierſtreifen eingelocht werden, der ſelbſt erſt wieder im Sender

das Geben besorgt. Das hat den großen Vorteil, daß das Geben von der Schnelligkeit des Telegraphisten unabhängig wird. Der Geber arbeitet automatisch mit der größtmöglichen Geschwindigkeit. Man schickt dazu den gestanzten Papierstreifen in ihn hinein. Am Empfänger ist ebenfalls keine Menschenhand tätig, sondern auch dieser nimmt die ankommenden Stromstöße automatisch auf und gibt sie auf einem Papierstreifen in gewöhnlicher Druckschrift wieder.

Der Locher des Siemens-Schnelltelegraphen

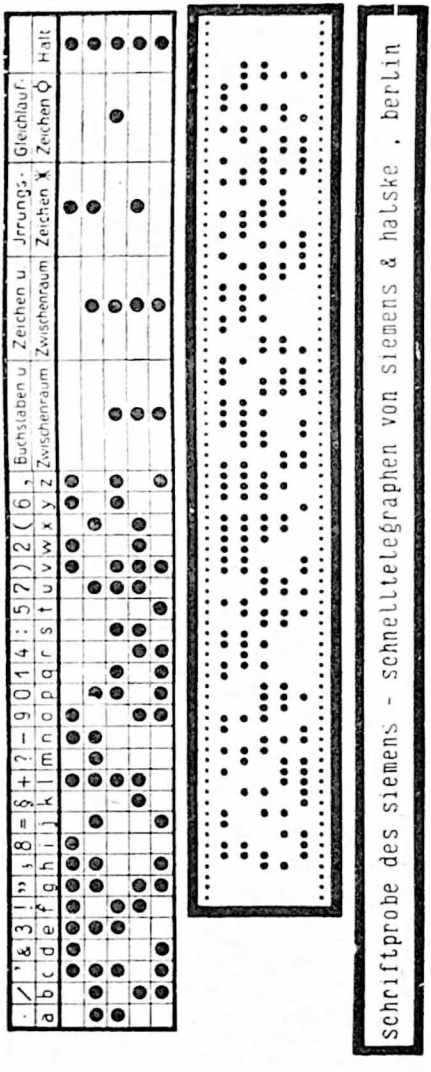
Um besonders ausgebildetes Personal zu vermeiden, wurde bei der Konstruktion des Apparats Wert darauf gelegt, alles so einzurichten,



Der Locher des Siemens-Schnelltelegraphen

daß Fachkenntnisse zur Bedienung vermieden werden. Jede mit der Schreibmaschine vertraute Person kann den Locher bedienen, der die Stanzung der Papierstreifen besorgt. Bei jedem Tastendruck, der keinen Kraftaufwand erfordert, wird die dem zu telegraphierenden Zeichen entsprechende Lochkombination auf elektromagnetischem Wege in den Streifen eingestanzt, und der Papierstreifen danach etwas vorwärtsgeschoben, damit der genügende Abstand zwischen den einzelnen Zeichen gewahrt bleibt. Auch äußerlich sieht der Locher einer Schreibmaschine ähnlich; die Tastenanordnung ist ebenfalls dieselbe. Jedes Zeichen besteht aus einem bis fünf Löchern, die quer zur Längsrichtung des Papierstreifens liegen. Das dabei benutzte Alphabet ist im Bilde hier wiedergegeben, ebenso eine Schriftprobe auf einem Lochstreifen, der

3 cm breit ist, also erheblich breiter als der gewöhnliche Morsestreifen. Beim Empfänger, wo die Schrift in gewöhnlicher Schreibmaschinenschrift abgenommen wird, ist der Papierstreifen der beim Morseapparat übliche. — Die zu einem Zeichen gehörenden Löcher werden gleichzeitig gestanzt. Dabei wirkt der Druck auf den Tastenhebel der Klaviatur nur auslösend; er stanzt nicht selbst. Die Auslösung betrifft fünf Stanzmagnete, die je nach den durch die Taste bewirkten Stromschlüssen ausgelöst werden und die einem Zeichen entsprechenden Löcher gleichzeitig stanzen. Der Stromstoß zum Stanzen wird erst gegeben, wenn sich der Tastenhebel in seiner tiefsten Stellung befindet, um gleiche Stanzgeschwindigkeit und Stärke zu gewährleisten. In seiner tiefsten Stellung berührt der Hebel eine Schiene H, so daß der daransitzende Hebel die Kontaktzunge U von a abhebt und an b legt. Der von dem Netz aufgeladene Kondensator C wird auf diese Weise entladen und schickt seinen kurzen Entladestrom durch das Relais R. Dieses bewirkt, daß der Relaisanker von d abgehoben und an e gelegt wird, so daß für diesen Augenblick die Stanzmagnete mit Strom beschickt werden und entsprechend der Zahl der der gedrückten Taste anhaftenden Kontaktstücke Löcher in den Papierstreifen P stoßen. Da die Netzspannung sowohl wie der Kondensator feste Größen sind, hat der vom Kondensator hergegebne Entladestrom stets eine feste Größe, so daß der Stanzdruck immer gleichmäßig schnell und stark erfolgt. Ist er verbraucht, so wird das Relais stromlos und sein Anker legt sich wieder gegen d. Auch

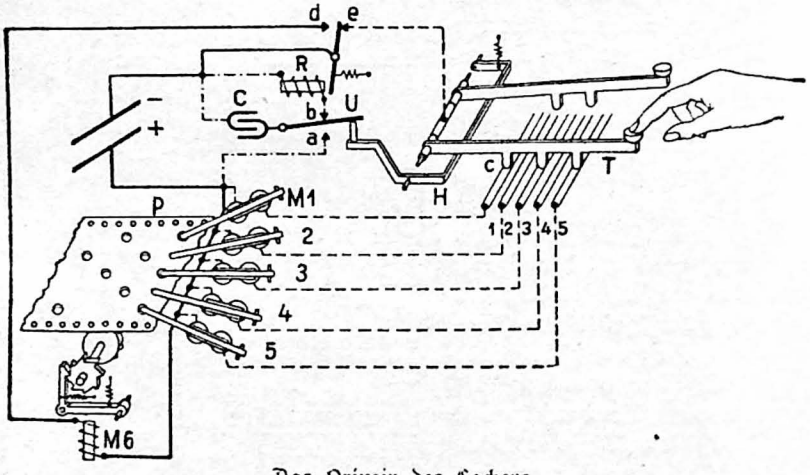


Lochbild und Schriftzeichen

die Stanzmagnete werden wieder ſtromlos. Dagegen wird der Vorſchubmagnet M für den Papierſtreifen P vom Strom durchfloſſen und der Streifen rückt nunmehr ſoweit vorwärts, daß er die nächſte Stanzung erfahren kann. Dieſe automatiſche Beſorgung aller Einzeloperationen ſorgt für präziſe Lochung, ganz gleich, ob der die Taſtatur Bedienende langſam oder ſchnell, gleichmäßig oder ungleichmäßig ſchreibt.

Der Sender

Auch der Gebeapparat des Schnelltelegraphen arbeitet automatiſch. Er nimmt den wie geſchildert vorbereiteten Papierſtreifen auf und führt ihn, durch einen Elektromotor angetrieben, über fünf federnde Fühlhebel 1 bis 5. Geht ein Loch über die Naſe eines Hebels hinweg, wie im Bilde bei 1, 3 und 5, ſo legt ſich das hintre Hebelende an einen

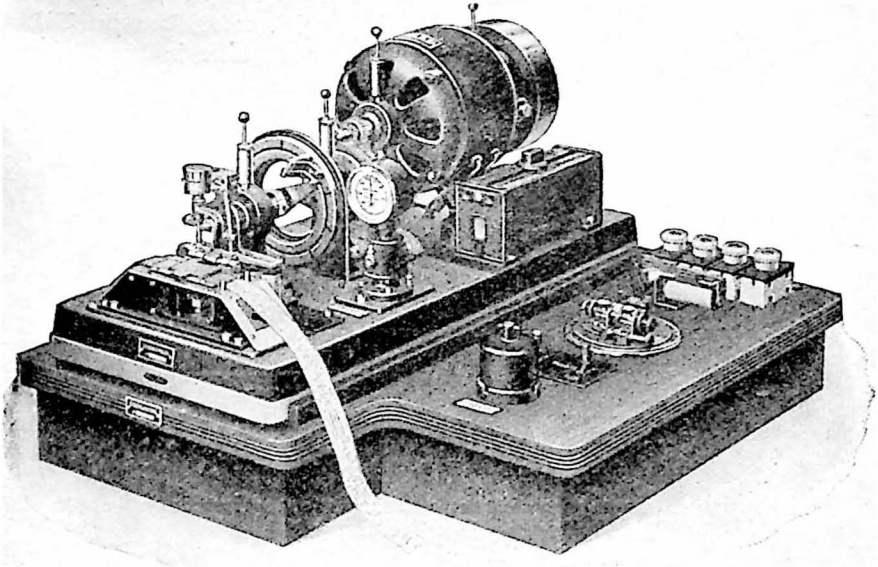


Das Prinzip des Lochers

Kontakt, der mit dem negativen Pole einer Ortsbatterie in Verbindung ſteht; gleitet er dagegen über das volle Papier, ſo hat er Schluß mit dem poſitiven Pole dieſer Batterie. Der Drehpunkt jedes Hebels iſt mit einem Kontakt eines fünfteiligen Ringes leitend verbunden, über den die Bürſte eines umlaufenden Kontaktarms ſchleift, die mit der Anſchlußſcheibe Verbindung herſtellt und das Senderelais betätigt. Der Antriebsmotor betreibt dieſen Schleifkontakt und die Bewegung des Papierſtreifens. Die Schleifbürſte wird vom Strom durchfloſſen, deſſen Richtung von der Stellung des grade mit der Bürſte leitend verbundnen Fühlhebels abhängt. Dementſprechend legt die Relaiszunge die Leitung zum Empfänger an den poſitiven oder negativen Pol der Linienbatterie. Man hat ein Relais zwiſchengeſchaltet, weil die feinen Fühlhebel nicht ſo ſtarken Strom führen ſollen, wie er von der Linienbatterie geliefert wird.

Der Empfänger

Der Empfänger ist ganz entsprechend dem eben beschriebenen Sender angeordnet. Der fünfteiligen Senderscheibe entspricht ein fünfteiliger Empfangsring, der ebenfalls von einer umlaufenden Bürste bestrichen wird. Diese läuft mit der des Gebers synchron, so daß immer entsprechende Kontakte berührt werden. Dem Senderrelais entspricht ein Empfangsrelais, dessen Zunge wie die des Senderrelais liegt, also entweder den positiven oder den negativen Pol der Empfangsbatterie mit der Empfangsscheibe verbindet. Schleift nun die Empfängerbürste wie die Senderbürste S, so erhält jeder der mit einem der fünf Kontaktstücke verbundenen fünf Aufnahme- und Übersetzrelais Strom in

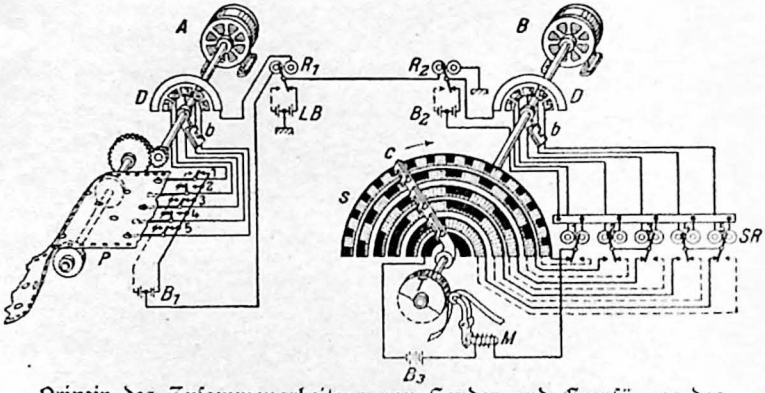


Der Sender des Siemens-Schnelltelegraphen (geöffnet)

der entsprechenden Richtung und stellt danach seine Zunge ein. Entsprechend der Einstellung der Senderfühlhebel 1—5 stehen die Aufnahmerelais 1—5 gleich. Die Relais sind mit fünf Übersetzerringen leitend verbunden, über die wieder eine Bürste schleift. Durch diese Anordnung wird ein Stromkreis vorbereitet, in dem der Strom einer weitern Lokalbatterie fließt, wenn die ebenfalls an dem umlaufenden Bürstenarm befestigten Einzelbürsten bei dem folgenden Umlauf eine bestimmte von 32 möglichen Stellungen über der Übersetzerscheibe einnehmen. Das mit dem Sechsbürstenarm fest verbundene Typenrad T trägt auf seinem Umfange in der auch bei Schreibmaschinen üblichen Weise die Lettern, die natürlich ihrer Stellung nach den Kontakten und damit den Lochungen entsprechen. Wird also im

gegebnen Augenblick der Empfangspapierstreifen gegen das Typenrad gedrückt, so kommt darauf der richtige Buchstabe zum Aufdruck. Der Strom der Batterie durchfließt die Wicklung des Druckmagneten und bewirkt durch die Ankeranziehung den Abdruck.

Aus der Beschreibung geht hervor, daß der Apparat nur richtig arbeitet, wenn der Sende- und Empfangsmotor genau gleich schnell laufen. Um das zu gewährleisten, verabreden die Sende- und Empfangsstation vor der Aufnahme die Telegraphiergeschwindigkeit, und stellen ihre Motoren mit Hilfe eines Umdrehungszählers (Tachometers) darauf ein. Die Telegraphiergeschwindigkeit ist zwischen 200 und 1000 Umläufen in der Minute veränderlich. Ist der Synchronismus einmal erreicht, so halten ihn die Telegraphierströme schon von selbst aufrecht, indem sie auf einen kleinen Hilfsmotor, der im Bilde vorn sichtbar ist, einwirken. Dieser Hilfsmotor schaltet in die Nebenschlußwicklung des Antriebsmotors mehr oder weniger Widerstand ein.



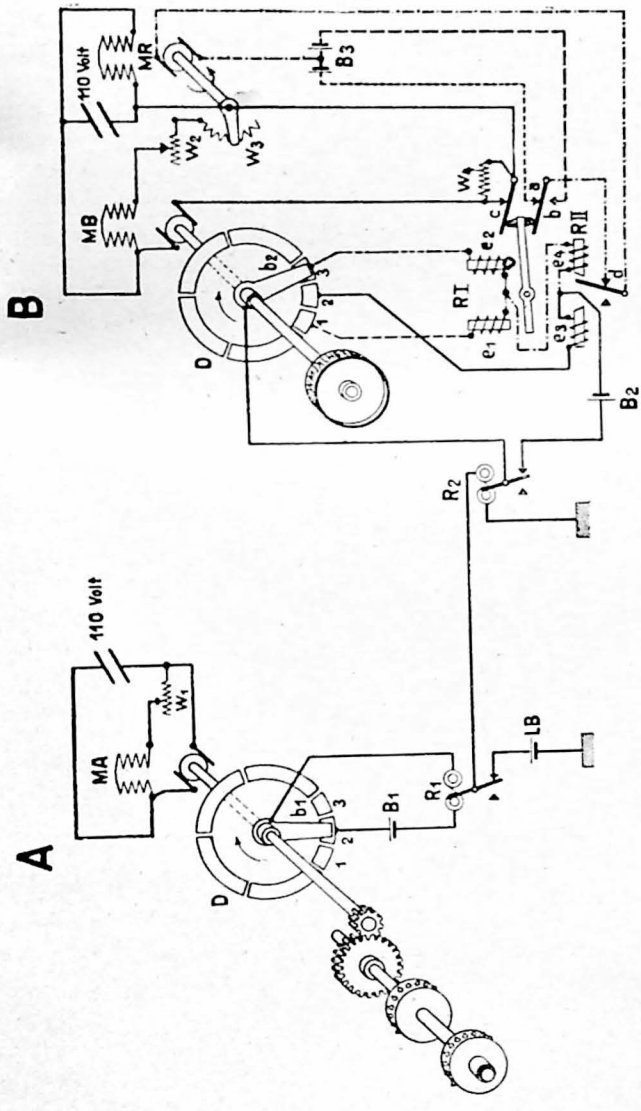
Prinzip des Zusammenarbeitens von Sender und Empfänger des Siemens-Schnelltelegraphen

Die Umschaltung

Wie aus dem ersten Bilde (S. 193) ersichtlich, bedeuten die gelochten Zeichen zwei verschiedne Lettern, einmal Buchstaben, sodann aber auch Ziffern oder Zeichen. Denn die 31 Lochzusammenstellungen reichen nicht für alle telegraphischen Zeichen aus. Was sie bedeuten, ergibt sich aus dem vor einer Gruppe von Buchstaben oder Zahlen stehenden Zeichen für den Zwischenraum. Nach dem Telegraphieren des Zwischenraumzeichens wird die Typenradscheibe auf das Abdrucken von Buchstaben oder Zahlen und Zeichen umgestellt.

Zur Übertragung eines Zeichens gehören zwei Umläufe des Bürstenarms am Empfänger. Während des ersten werden die fünf Übersetzerrelais eingestellt, während des zweiten wird das Zeichen abgedruckt. Damit man bei jedem Umlauf ein Zeichen erhält, sind zwei Relaissätze vorhanden, die ein Umschalter abwechselnd an den Emp-

fangsring legt. Während der eine Relaissatz eingestellt wird, wirkt der andre beim Abdruck des Zeichens mit.

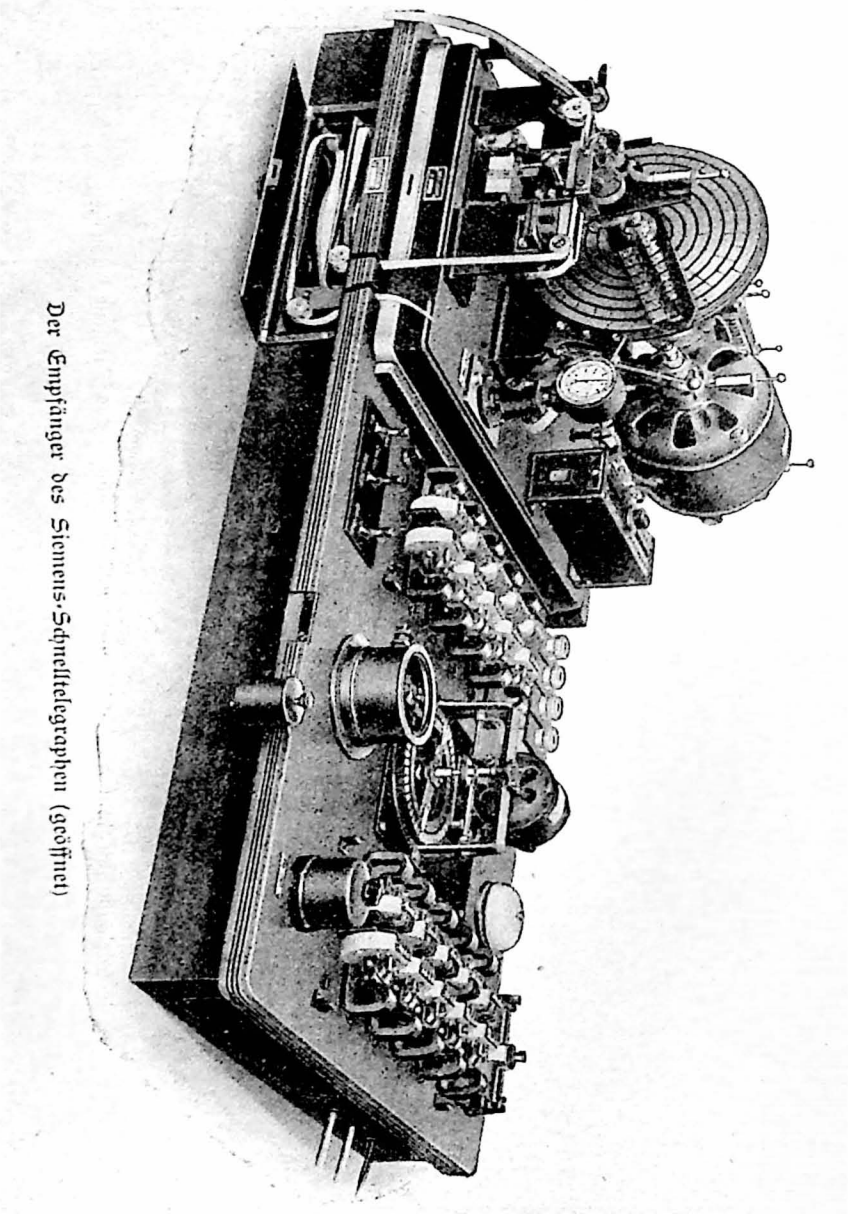


Die Gleichlauf-Reglung zwischen Sender und Empfänger des Siemens-Schnelltelegraphen

Betriebstechnisches

Die Telegraphiergeschwindigkeit wird gewöhnlich sehr erheblich viel höher sein als die Lochgeschwindigkeit. Zu jedem Schnelltelegraphen gehören daher mehrere Tastenlocher. Im Höchstfalle müssen

eben soviel vorhanden sein, wie der Sender verarbeitet. Gewöhnlich genügen für jede Station 3 oder 4. Dann wird die Betriebsgeschwin-

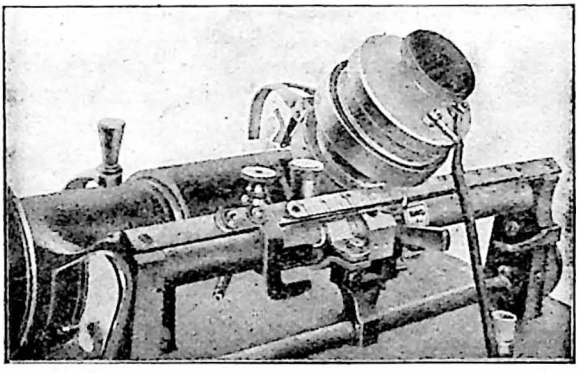


Der Empfänger des Siemens-Schnelltelegraphen (geöffnet)

digkeit nicht von der Locherei berührt. Da die Umdrehungszahl der Apparate von 200 bis zum Höchstwert von 1000 in der Minute

gesteigert werden kann, kann man die Arbeitsgeschwindigkeit des Telegraphen dem jeweiligen Zustande der Leitung anpassen. Dieser Vorteil darf nicht unterschätzt werden, da besonders bei einer langen Telegraphenlinie im Laufe des Tages Schwankungen in der Leistungsfähigkeit der Linie eintreten, die häufig eine Veränderung der Telegraphiergeschwindigkeit der Apparate notwendig machen. Ist das der Fall, so braucht man nur durch einen Regulierwiderstand die Antriebsmotoren des Senders und Empfängers laut Verabredung auf die gewünschte Drehzahl einzustellen, die wie oben erwähnt, an einem Tachometer unmittelbar abgelesen werden kann; der Gleichlauf wird dann selbsttätig in wenigen Sekunden hergestellt und durch die Telegraphierströme aufrecht erhalten.

Für die Betriebssicherheit ist die Stromdauer eines Zeichenelements maßgebend. Diese ist beim Siemens-Schnelltelegraphen erheblich höher als bei dem von Baudot oder gar von Wheatstone. Die längere Stromdauer eines Zeichenelements und die gleichzeitige Verwendung der Telegraphierimpulse zur Aufrechterhaltung des Gleichlaufs hat einen günstigen Einfluß auf die Betriebssicherheit. Es werden daher durch den Schnelltelegraphen trotz erhöhter Leistung und Betriebssicherheit keine besondren Anfordrungen an die Linie gestellt.



Schreibsystem für Phonographenschreiber mit Luftkopplung

Da ferner für den Schnelltelegraphenbetrieb jede beliebige Relaisübertragung und Duplexschaltung verwendbar ist, konnte das neue System sofort auf allen Linien ohne besondre Vorkehrung eingeführt und ausgeprobt werden. Bedingung war nur, daß die Relaisstationen mit Relais ausgerüstet waren, die für den Wheatstonebetrieb genügten. Seine Verwendbarkeit ist besonders vom drahtlosen Verkehr für die Mehrfachtelegraphie mit Hochfrequenzströmen ausgeprobt worden. Der Siemens-Schnelltelegraph hat sich daher nicht nur im Inland, sondern auch in allen Weltteilen große Erfolge errungen.

Schnellempfang in der drahtlosen Telegraphie

Außer dem Siemens-Schnelltelegraphen mit dem entsprechenden Empfänger sind auch noch andre Methoden des Schnellempfangs im Gebrauch und wichtig. Dahin gehört die Aufnahme mit dem Phonographen, mit dem Telegraphon, die beide auf Hörempfang eingerichtet sind, und für den Schreibempfang der Schnellmorse und der schon beschriebene Siemens-Schnelltelegraph.

Der Empfangs-Phonograph

Beim Hörempfang mittels Phonographen ist der Hauptteil der Empfangsapparatur ein Phonograph. An ihm ist ein Telephon angebracht, das die ankommenden Zeichen auf die rotierende Wachswalze in derselben Weise graviert, als wenn man in den Apparat hineinspräche. Die Festlegung der ankommenden Zeichen ist natürlich von großem Vorteil, wenn es sich um wichtige Telegramme handelt, bei denen man dann zur Sicherheit immer wieder nachsehen kann, wie der übermittelte Text lautet. Braucht man ihn nicht mehr, so kann man die Walze wie üblich abschleifen und wieder neu benutzen. Man muß allerdings beachten, daß die Tonstärke bei der verlangsamten Wiedergabe abnimmt, denn es ist klar, daß man nicht so schnell abhören kann, wie man aufnimmt. Man muß daher die Telephonströme für den Hörer des Aufnahmebeamten verstärken und tut das, indem man einen Vierröhrenverstärker einsetzt. Damit bei der Wiedergabe ein gut hörbarer nicht zu tiefer Ton entsteht, wählt man für die Aufnahme selbst einen recht hohen Ton.

Der Schreibstift, der die Zeichen auf die Walze graviert, kann unmittelbar mit der Telephonmembran verbunden sein, also starr, oder man kann ihn „luftkoppeln". Diese letzte Art ist besser, weil sie zu weniger Störungen führt. Man benutzt sie deshalb für telegraphische Zwecke ausschließlich.

Wenn eine Walze voll ist, muß man eine neue aufsetzen. Da das gewöhnlich mitten in einem Telegramm geschieht, so hält man zweckmäßig zwei Phonographen bereit, so daß man sofort umschalten kann und Unterbrechungen vermeidet. Die Aufnahmetelephone beider Apparate schaltet man parallel. Mit solchem Apparat erreicht man bei der Aufnahme 600 Buchstaben in der Minute.

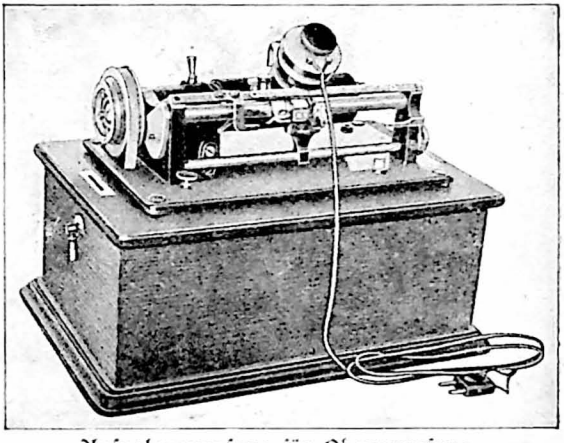
Das Telegraphon

ist in diesem Buche noch Gegenstand besondrer Betrachtungen, auf die hiermit verwiesen wird. Telegraphon und Phonograph sind die ein-

fachsten automatischen Aufnahmeeinrichtungen für Morsezeichen. Man kann bei ihnen die telegraphischen Zeichen von den Störungen durch das Gehör trennen, was beim Schreibempfang nicht möglich ist. Beide Apparate können zum wiederholten Abhören der Zeichen benutzt werden.

Schreibempfang

Für viele Zwecke ist es erwünscht, die ankommenden Zeichen niederzuschreiben, ohne daß sie durch die subjektiven Eigenschaften der Aufnahmebeamten beeinflußt werden. Zu diesem Ende hat man Schreibempfänger ausgebaut, die entweder die Morsezeichen aufzeichnen oder sie in gewöhnliche Druckschrift übertragen. Das letzte ist ja der Fall beim Siemens-Schnelltelegraphen. Um die Telegraphierströme aufzuschreiben, müssen sie gleichgerichtet werden. Man hat das getan durch Verwendung des Elektronenrelais. Der alte erste Ein-Röhren-Gleichrichter erlaubte jedoch nur die Aufnahme von höchstens 600 Morsezeichen in der Minute; man ist deshalb zu besseren Einrichtungen übergegangen und benutzt jetzt allgemein für solche Zwecke den Zweiröhren-Gleichrichter.



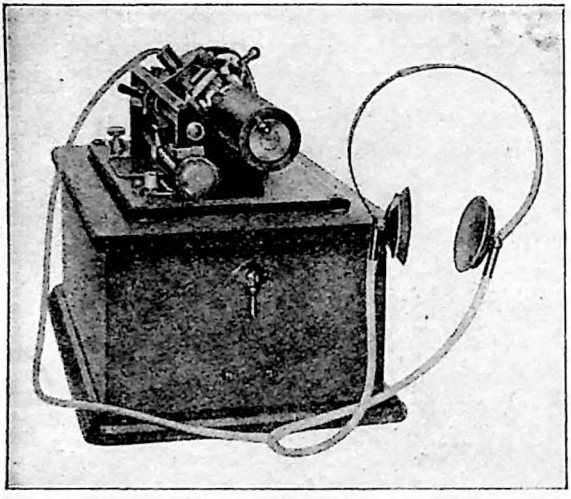
Aufnahmeempfang für Phonoempfang

Grundsätzlich kommt dabei folgendes zur Verwendung. Das vom Verstärker kommende Wellenzeichen wirkt durch den Transformator V auf das Gitter G_1 der Röhre A (Bild S. 203). Im Anodenkreis dieser Röhre liegt die Relaiswicklung a und ein Widerstand R. Fließt durch die Röhre A ein Strom, der Anodenstrom, so wird a belastet, die Relaiszunge also gegen Kontakt 1 gelegt; gleichzeitig wird an dem Ende des Widerstandes R ein Spannungsunterschied erzeugt. Diesen benutzt man dazu, dem Gitter G_2 der Röhre B eine negative Spannung zu geben, und zwar gerade so viel, daß durch B und damit auch durch die im Kreise liegende Relaiswicklung b kein Strom fließt. Das geschieht mit Hilfe des Widerstandes R. Wenn kein Wellenzeichen ankommt, wird durch eine Hilfsbatterie B_1 dem Gitter G_1 so viel Gegenspannung erteilt, daß der Anodenkreis der Röhre A mit der Relaiswicklung a und dem Widerstand R stromlos ist. Der jetzt an R fehlende Span-

nungsabfall und die dadurch an G_2 fehlende Gegenspannung bedingt einen Stromfluß durch B und b. So treten die beiden Relaiswicklungen wechselseitig in Funktion und steuern die Relaiszunge, die den Schreibapparat bedient. Durch Regulierung des Heizstroms und Einstellung einer bestimmten Anodenspannung kann man leicht erzielen, daß durch die Spulen a und b ein gleichgroßer Strom fließt.

Der Schnellmorse

unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Morseapparat nur durch die Dimensionierung aller seiner Teile, die bei ihm so klein und leicht wie möglich gestaltet sind, damit sie den größern Geschwindigkeiten folgen und durch die Tätigkeit ihrer Masse nicht stören. Das Magnetsystem des Schnellmorseapparates ist nach Art eines polarisierten Relais ausgebildet. Der Antrieb geschieht durch einen kleinen Elektromotor.



Wiedergabeapparat für Phonoempfang

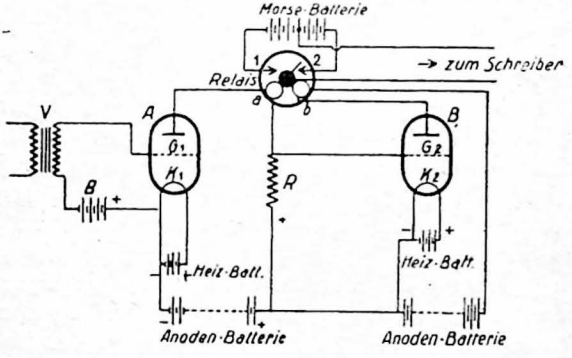
Vergleich der Empfangsarten

Um sich eine Vorstellung davon zu machen, was die einzelnen Empfangsarten leisten, ist die folgende kleine Übersicht mitgeteilt. Aus ihr geht hervor, daß der Siemens-Schnelltelegraph die besten und sichersten Ergebnisse liefert. Das erklärt seine erfolgreiche Verbreitung.

Empfangssystem	Empfangsgeschwindigkeit in Buchstaben je Minute	Erforderliche Empfangsenergie hinter dem Verstärker in Hörbarkeit	Art der Wiedergabe
Individueller Hörempfang	bis zu 150	300	Hörempfang
Phonograph	„ „ 600	3000 bis 12000	Hörempfang
Telegraphon	„ „ 600	3000 „ 12000	Hörempfang
Schnellmorse	„ „ 600	12000	Morseschrift
Schnelltelegraph . . .	„ „ 1200	15000	Typendruck

Das Telegraphon

Eine der glänzendsten Erfindungen war zweifellos der Edisonsche Phonograph. Er beruht auf höchst einfachen Prinzipien, die aber dennoch imstande sind, eine Aufgabe zu bewältigen, die zu den kompliziertesten gehört, die menschlicher Geist bezwungen hat. Sie war allerdings aufgebaut auf der noch genialeren Erfindung des Mikro- und Telephons, die wir Reis und Bell verdanken. Diese haben es fertig gebracht, die komplizierteste Aufgabe, die Feinheiten der menschlichen Stimme umzuwandeln und zu übertragen, und benutzten dazu doch die einfachsten Apparate, die sich denken lassen. Was später daran noch getan wurde, ist grundsätzlich nichts neues, wenn auch bewundernswerte Vervollkommnung erreicht wurde. Edisons Phonograph kam als folgerechte Erfindung nach dem Mikrophon. Beim Phonographen nimmt die Schallmembran die Sprache oder die Töne auf und überträgt sie mittels eines an ihr befestigten Stifts auf eine harte Wachswalze, wo die Membranschwingungen Abbilder in Form größrer oder kleinerer Gravierungen erscheinen. Die Wiedergabe geschieht so, daß ein gerundeter Stift, der an einer Membran sitzt, über die Gravierungen gleitet und dadurch die Membran in dieselben Schwingungen versetzt, wie sie die Aufnahmemembran ehedem machte. So muß die Wiedergabemembran dieselben Schwingungen, d. h. dieselbe Sprache oder dieselben Töne hervorbringen wie bei der Aufnahme. Das ist das ganze Geheimnis des Phonographen.



Schaltbild für Zweiröhren-Gleichrichter

Als nun bei der Telephonie das Verlangen hervortrat, das gesprochne Wort festhalten und später wiedergeben zu können, da kam man auf den Gedanken, das Aufnahmetelephon mit einem Phonographen zu koppeln, also den Schalltrichter des Telephons mit dem des Phonographen zu verbinden. Geschickter kam das noch darin zum Ausdruck, daß man die beiden Membranen, die des Telephons und des Phonographen, in einem kurzen Rohr einander gegenüberstellte. Beide waren dann, wie man sagt, luftgekoppelt.

Ein ſolcher Aufnahmeapparat hat den großen Vorteil, daß man damit auch ſchneller aufnehmen kann. Das iſt beſonders für die Aufnahme drahtloſer telegraphiſcher Nachrichten der Fall, die evtl. mit einem Maſchinengeber übermittelt werden. Dieſe kann man mit dem Hörtelephon nicht mehr direkt abnehmen, wenn eine gewiſſe Geſchwindigkeit überſchritten wird. Da tritt der Phonograph helfend ein.

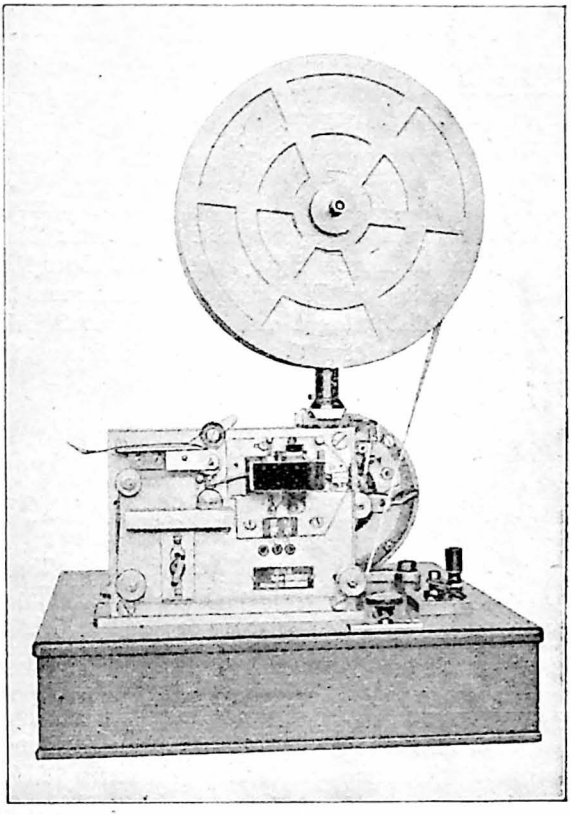
Aber auch er iſt in der Aufnahmegeſchwindigkeit beſchränkt und verzerrt wegen der mechaniſchen und doch verhältnismäßig groben Übertragung Sprache und Rhythmus der Telegramme. So machte ſich denn eine Steigerung über den Phonographen hinaus notwendig, und dieſe vermittelte uns der Däne Waldemar Pouliſen, der ſich ſchon durch ſein Syſtem der Erzeugung ungedämpfter elektriſcher Schwingungen einen Namen von ausgezeichnetem Klang gemacht hatte. Er verfeinerte die Erfindung Ediſons auf phyſikaliſche Weiſe, indem er die träge Maſſe ausſchaltete und die Feinheiten der leichtbeſchwingten Sprache ins ätheriſche übertrug. Wie das geſchehen, ſoll nunmehr beſchrieben werden.

Der ganze Apparat iſt natürlich ebenſo zur Aufnahme und zur Wiedergabe beſtimmt wie der Phonograph. Aber die Gravierung geſchieht nicht mehr mechaniſch, ſondern magnetiſch. Zu dem Zwecke werden die Stromimpulſe des Aufnahmemikrophons durch einen kleinen Magneten geleitet, der ſie auf einen an ihm vorbeigleitenden Stahldraht überträgt. Magnetiſiert wird der Magnet M durch den Strom des galvaniſchen Elements E. Durch die Sprechſchwingungen wird der Widerſtand des Mikrophons Mi im Rhythmus der Sprache geändert und damit auch der Magnetismus des Magneten, ſo daß der an den gleichnamigen Polen PP vorbeigeleitete Stahldraht verſchieden ſtark magnetiſiert wird. Dieſe verſchieden ſtarke Magnetiſierung behält der Draht. Wickelt man ihn auf Meſſingtrommeln und läßt ihn nachher zwiſchen den Polen vorbeilaufen, indem man ſtatt des Elements und des Mikrophons ein Telephon T in den Kreis legt, ſo erzeugen die an den Polen vorbeigleitenden Drahtſtellen mit ihrem Magnetismus durch Induktion im Magneten magnetiſche Stöße, die ihrerſeits wieder in den Windungen elektriſche Ströme induzieren. Dieſe haben ſelbſtverſtändlich den Rhythmus des Drahtmagnetismus, alſo der aufgenommnen Sprechſchwingungen. Es iſt alſo klar, daß ſie auch nur wieder ſolche Schwingungen im Telephon erzeugen können.

Man kann auf dieſe Weiſe alſo die Sprache wiedergeben, ohne daß andre mechaniſche Mittel dabei wirkſam ſind als die notwendigen Membranen, die den elektromagnetiſchen Vorgang mit dem mechaniſchen in der Luft koppeln. Es iſt wohl verſtändlich, daß ein ſolcher verfeinerter Apparat den Schwingungen leichter zu folgen vermag, als der Phonograph und deshalb weſentlich ſchneller arbeiten kann, als alle bis dahin bekannten Methoden. In unſern Darlegungen über das Schnellſenden findet ſich eine Tabelle über die möglichen Leiſtungen,

und wir sehen daraus (S. 202), daß das Telegraphon auch in dieser Hinsicht nur noch vom Siemensschen Schnelltelegraphen überholt wird.

Wie das Telegraphon in seiner modernen Gestalt aussieht, zeigt eins unsrer Bilder. Man erkennt darauf oben die Messingwalzen, die zum Aufwickeln des Stahldrahts dienen, und dazwischen die Einrichtung zum Magnetisieren des Drahts. Die Drahtwalzen sind auswechselbar, so daß ein starker Telegraphier-Verkehr mit zwei Aufnahme- und 2 Wiedergabeapparaten bewältigt werden kann. Dieses Instrument ist sowohl zur Aufnahme wie auch zur Wiedergabe geeignet. — Manche Firmen, wie Leybold in Cöln, nehmen statt des Drahtes Stahlbänder.



Schnellmorseapparat mit Motorantrieb

Es steht außer Frage, daß das Telegraphon keine so kräftige Wiedergabe der Schwingungen gestattet wie der Phonograph. Aber es erlaubt wegen seiner elektrischen Konstitution die Anwendung des Wunderapparats der Kathodenstahlröhre, die alle notwendigen Verstärkungen bereitstellt und die saubere Wiedergabe des Telegraphons in der drahtlosen Telephonie anzuwenden ermöglicht. Ein allgemeiner Vorzug des Telegraphons ist der Fortfall des Verbrauchs von Wachswalzen. Es mag bei der Gelegenheit schließlich noch bemerkt werden, daß der durch das Telegraphon ermöglichte Hörempfang in der drahtlosen Telegraphie mancherlei Vorteile gegenüber dem Schreibempfang bietet. Denn die eigentlichen Telegraphierzeichen können von den Störungen durch das Gehör getrennt werden, was eben beim Schreibempfang unmöglich ist. Wie durch zahlreiche eingehende Versuche fest-

geſtellt wurde, kann der Störer ſelbſt dann noch einwandfrei ausgeſchieden werden, wenn ſeine Lautſtärke ebenſo groß wie die Lautſtärke der Zeichen iſt. Das kommt daher, daß die Zeichen immer noch an ihrem Rhythmus erkannt werden und ſomit von den Störern geſchieden werden können. Ein weſentlicher Vorteil des Telegraphons wie auch des Phonographen iſt endlich die Möglichkeit des wiederholten Abhörens.

Man könnte vielleicht meinen, daß dem Phonographen gegenüber dem Telegraphon dennoch der Vorteil verbliebe, nämlich, die Wachswalze wieder abſchleifen zu können, wenn man die darauf verzeichneten Nachrichten oder was ſonſt darauf iſt, nicht mehr braucht. Das bleibt aber auch beim Telegraphon, ja, es iſt dort ſogar noch leichter und ohne Materialverluſt möglich. Man braucht zu dem Zwecke den Draht bloß durch einen ſtärkern Strom entgegengeſetzter Richtung als bei der Aufnahme zu magnetiſieren. Dann iſt der Draht wieder vollkommen gleichmäßig magnetiſch und zur Aufnahme neuer Wörter oder Töne befähigt. Schützt man den Draht vor magnetiſchen Einwirkungen und vor Zerſtörung, ſo kann man die darauf befindlichen Geſpräche beliebig lange aufbewahren und beliebig oft wiederholen.

Das allgemeine Bedürfnis nach einem Apparat wie das Telegraphon ſcheint erſt noch zu kommen.

Der „drahtloſe Scheinwerfer"

Während ſeiner letzten Anweſenheit in Amerika hat Marconi vor den Mitgliedern des Inſtituts für elektrotechniſche Ingenieure einen Experimentalvortrag über ſeine in der letzten Zeit ausgeführten radiotechniſchen Verſuche gehalten. Wie die amerikaniſche Preſſe ausführt, berichtete er über eine neue Antennenform, die er „drahtloſer Scheinwerfer" nannte. Sie ſoll den Zweck haben, ähnlich wie beim Scheinwerfer die Lichtſtrahlen, die elektriſchen Wellen ſo zuſammen zu bündeln, daß ſie nur nach einer beſtimmten Richtung hin ausſtrahlen. Die Antenne beſteht aus einer Serie Drähten, die in beſondrer Weiſe an Türmen und Maſten befeſtigt werden. Marconi verſicherte, daß er mit Hilfe dieſes Reflektorenſyſtems drahtloſe Telephoniegeſpräche zwiſchen London und Birmingham, alſo auf eine Entfernung von 100 Meilen, erfolgreich durchgeführt habe. Bei allen dieſen Experimenten wechſelte die Wellenlänge zwiſchen 1 und 20 m. Die Lautſtärken ſollen hierbei etwa 200 mal ſo groß ſein. Marconi glaubt, daß dieſe Erfindung in unſern Tagen ſich als ſehr nützlich erweiſen werde, weil ſie geeignet ſei, das Geſprächsgeheimnis mehr zu wahren als bisher. Außerdem iſt dieſe Antenne von ihm auch drehbar konſtruiert. In dieſer Art wirkt ſie wie ein drehbares Leuchtfeuer. An

Leuchttürmen angebracht sei sie geeignet, Schiffen bei unsichtigem Wetter die Entfernung und den Standpunkt des Leuchtturmes anzugeben. Marconi nennt sie „drahtlose Leuchttürme". In unsern Tagen, so führt Marconi aus, wo die Beschäftigung mit drahtlosen Problemen die Passion von Millionen ist, wechseln jetzt die Wellenlängen zwischen 200 und 20 000 m und der Äther im Raum wird in fürchterliche Erschütterungen versetzt, denen gegenüber der größte Aufruhr des Ozeans nur ein leichtes Wellengekräusel ist. Das habe ihn veranlaßt, seine bereits 1895/96 aufgenommnen Versuche mit Wellen von einigen Zoll wieder aufzunehmen. Er versicherte, daß, wenn man kurze Wellen gebraucht, Störungen, die durch statische Ladungen hervorgerufen werden, sozusagen als nicht vorhanden zu betrachten sind, und daß die einzige Interferenzerscheinung durch die Zündung der Automobile und Motorboote hervorgerufen werde.

Eine polytopische Uhr

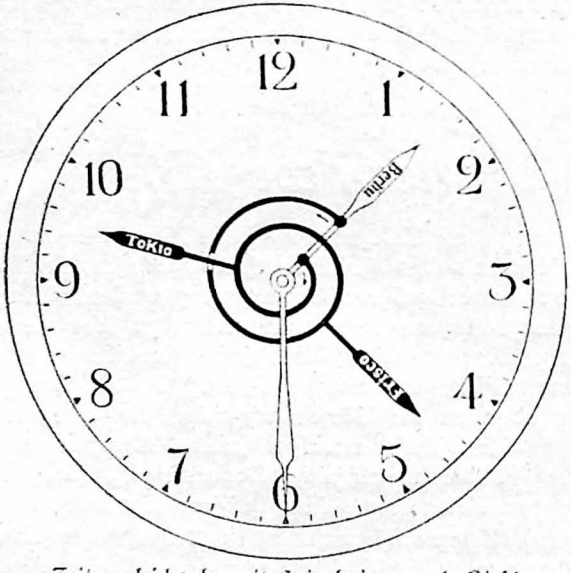
Mit der Ausdehnung des Telegrammverkehrs über die ganze Erdoberfläche ist die Kenntnis des Zeitunterschieds zwischen Sende- und Empfangsstelle von immer größrer Bedeutung geworden. Man denke nur an die Zeitungstelegramme von Kontinent zu Kontinent, die zu einer festgelegten Morgen- oder Abendstunde an ihrem Bestimmungsort eintreffen müssen, um noch rechtzeitig in die Druckmaschinen zu gelangen, oder an die Börsennachrichten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt die Kundschaft erreichen sollen. Kenntnis der Ortszeit des Adressaten ist die unerläßliche Voraussetzung für die rechtzeitige Anlieferung der Telegramme über größere Entfernungen.

Seitdem die drahtlose Telegraphie imstande ist, Entfernungen von der Breite einer Stundenzone, d. s. 15 Längengrade, zu überbrücken, spielt auch bei ihren Sende- und Aufnahmestationen die Uhrzeit diese wichtige Rolle. Man kann sagen, daß bei ihr die Kenntnis der verschiedenen Ortszeiten sogar noch wichtiger geworden ist, als bei der Kabeltelegraphie. Sind doch die Entfernungen, die mit ihrer Hilfe direkt überbrückt werden können, größer als beim Kabel; außerdem hat die Tages- und Nachtzeit Einfluß auf die Übertragung selbst; beim Kabelbetrieb ist das nicht der Fall.

Die einfachste, wenn auch nicht die billigste Art, sich die Kenntnis der Ortszeit andrer Städte und Länder zu verschaffen, ist die Einstellung je einer besondern Uhr auf jeden der in Betracht kommenden Orte. Es gibt eine Methode, die verschiednen Uhren einer Uhren-Familie zu einer einzigen Uhr zu vereinigen. Man trägt auf ihrem feststehenden Rand die Städte der Erde entsprechend ihren geographischen Längenunterschieden auf und läßt das Zifferblatt, von dem

man die Zeiger entfernt hat, einmal oder zweimal innerhalb 24 Stunden rotieren. Eine unmittelbare Ablesung der verschiednen Ortszeiten ist alsdann am Rande des Zifferblattes möglich. Eine derartige Weltzeituhr ohne Zeiger ist in hoher künstlerischer Vollendung im Deutschen Museum zu München zu sehen.

Übersichtlicher als zeigerlose Uhren, bei denen das Aufsuchen der Städtenamen recht umständlich ist, sind die im Bilde (S. 133) wiedergegebnen Weltzeituhren. Bei dieser Uhr finden wir die Zeiger und das feststehende 24stündige Zifferblatt wieder eingeführt. Die Stundenzeiger sind auf einer Weltkarte direkt an den betreffenden Orten befestigt. Die Weltkarte kann man sich aus einem Globus entstanden denken, dessen nördliche Hälfte flach gedrückt worden ist. Die Umrisse der Kontinente werden dann so projiziert, daß die Meridiane nach wie vor als Grade erscheinen, die vom Nordpol ausgehen, während die Breitengrade ihre Kreisform beibehalten haben, jedoch ihren größten Durchmesser nicht am Äquator, sondern am Südpol erreichen. Wie aus dem Bilde zu ersehen, wirkt die Verzerrung des gewohnten Kartenbildes der Kontinente selbst in den Regionen der südlichen Halbkugel nirgends so störend, daß sie das Aufsuchen einer Stadt erschweren würde.

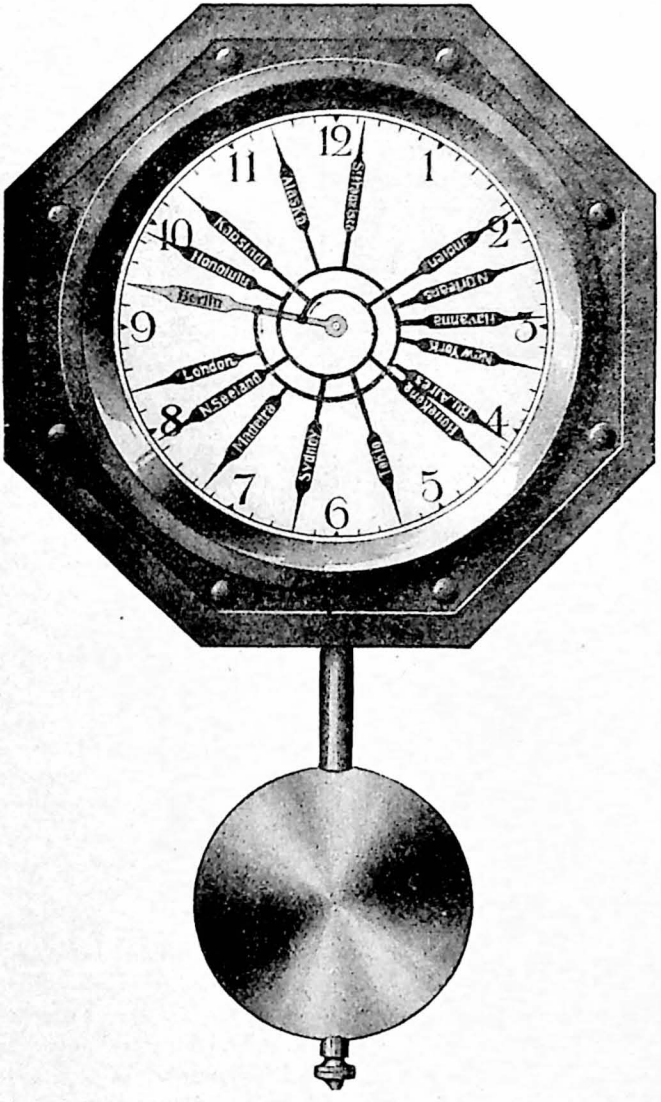


Zeitvergleichsuhr mit Spiralzeiger nach Hirsch

Diese Uhr, die im übrigen entsprechend der Erddrehung von West nach Ost sich von rechts nach links drehen muß, weicht von den normalen Uhren auch insofern ab, als sie ein besondres Uhrwerk besitzen muß, das eine 24stündige Umdrehung der Stundenzeiger ermöglicht.

Eine von „Transradio" in den Handel gebrachte Neuerung gestattet die Umwandlung jeder beliebigen normalen 12stündigen Wand- oder Taschenuhr in eine Weltzeituhr ohne irgend welche Änderungen im Getriebe, in der Gehäusekonstruktion oder im innern Aufbau der Uhr zu bedingen. Das obige Bild zeigt eine gewöhnliche Gebrauchsuhr nach ihrer Umwandlung in eine Weltzeituhr auf Grund der neuen Vorrichtung.

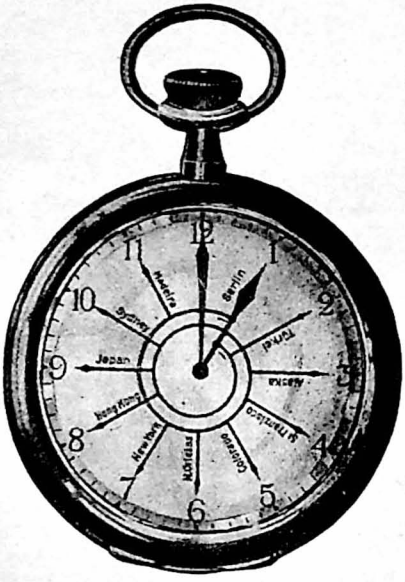
Jede ſolche Uhr erhält neben ihrem normalen Stundenzeiger für die Ortszeit noch mehrere mit dieſem Stundenzeiger feſt verbundne,



Polytopiſche Wanduhr für die Transradio-Betriebszentrale Berlin

in richtigem Winkelabſtand angetragne Stundenzeiger, die ſich mitdrehen. Der Stundenzeiger für London, das in Zonenzeit eine Stunde Zeitunterſchied gegen Berlin beſitzt, liegt beiſpielsweiſe 30 Grad entfernt vom Berliner Stundenzeiger. Trägt man nun nach Weſten

über Madeira, New York, San Franzisko usw. weiter fortschreitend die verschiednen neuen Stundenzeiger ein, bis man nach Umschreitung des Erdkreises wieder in Berlin angelangt ist, so wird man finden, daß die Fußpunkte aller Zeiger auf einer Spirale mit zwei Windungen liegen. Der Stundenzeiger irgend einer Uhr mit 12stündigem Zifferblatt besitzt nämlich eine Winkelgeschwindigkeit, die doppelt so groß ist wie die eines Punkts der Erdoberfläche; daher auf der Uhr der Unterschied von 30 Grad zwischen London und Berlin, der auf dem Globus nur 15 Grad beträgt, und deshalb das Zusammenfallen des Stundenzeigers von Berlin mit dem seines Antipodenpunkts.



Die Spiralbahn der Fußpunkte aller Zeiger bietet nun ein sehr bequemes Mittel, um festzustellen, ob in dem betreffenden Ort Tag- oder Nachtzeit herrscht. Man braucht nur vom Anfangs- oder Endpunkt der Spirale dieser solange mit dem Auge zu folgen, bis man den Fußpunkt des betreffenden Stundenzeigers erreicht. Hat man dabei die Zahl 6 des Zifferblattes überschritten, so ist Wechsel der Tages- oder Nachtzeit eingetreten.

Beispielsweise zeigt die Uhr für Berlin 1 h 24 m Tag an. In Neu-Seeland ist es dann 7 h 54 m. Um nun herauszufinden, ob Tag oder Nacht, folgt man, von Berlin ausgehend, der Spiralbahn auf dem kürzesten Wege. Die Zahl 6 wird dabei überschritten, also herrscht in Neu-Seeland entgegengesetzte Zeit von Berlin, d. h. Nacht. In Indien hingegen ist noch Tag, denn den Fußpunkt des Indienzeigers erreicht man auf dem kürzesten Wege, ohne die Ziffer 6 zu kreuzen.

Umgekehrt: Es sei in Berlin 9 h 20 m Nacht, dann ist, wie ein Blick auf den Spiralzeiger zeigt, in Sydney 6 h 24 m Tag.

Der Minutenzeiger gehört natürlich nach wie vor zum Stundenzeiger der Ortszeit. Beide Zeiger bekommen, um ihre Zusammengehörigkeit hervorzuheben, am besten eine besondere Farbe. In Weltzeituhren für Länder, wo man mit Zonenzeiten rechnen kann, gibt er die Minuten für sämtliche Stundenzeiger gleichmäßig an.

Der Spiralzeiger läßt sich für Taschenuhren aus einem Stück in Massenfabrikation stanzen. Er kann mühelos von jedem Uhrmacher auf die Uhr aufgesetzt werden.

Rundfunk und Rundspruch

Drahtlose Telegraphie für Jedermann

Es ist beinahe eine Ironie, daß gerade das Gebiet der Elektrotechnik, das wissenschaftlich und technisch das schwierigste ist, breitesten Volkskreisen am schnellsten und fast am gründlichsten zugänglich geworden ist. In der amerikanischen Union findet man in fast jedem Hause einen Radioapparat, und bald wird die Verbreitung drahtloser Empfangseinrichtungen auch in Deutschland so groß sein, daß man sagen kann, auch hier habe das Volk davon Besitz ergriffen. Nach dem Stande der Wissenschaft und der Technik des Radiowesens könnte Deutschland auch in Bezug auf das Radioamateurwesen an der Spitze stehen. Daß das nicht der Fall ist, liegt in politischen und wirtschaftlichen Gründen. Das deutsche Netz der Linientelegraphie war überlastet und dringend der Erneuerung und Verbesserung bedürftig. Da das nicht so ohne weitres möglich war, weil es zu viel Geld gekostet hätte, weil andrerseits drahtlose Stationen in Hülle und Fülle zur Verfügung standen, so setzte die Reichstelegraphenverwaltung diese ein und schuf ein Verkehrsnetz, auf das sich die Reichsregierung in Fällen von Streik, Unruhe usw. völlig verlassen konnte. Das offizielle Radiowesen gewann damit einen Umfang und eine Bedeutung wie in keinem anderen Lande, und somit war ein großer Wellenbereich für diese Aufgaben festgelegt. Da man nicht wußte, wieweit man noch nach oben und unten in den Wellenbereich hineingreifen mußte, um die zahlreichen anderen Staatsnotwendigkeiten zu erfüllen, zögerte man mit der Freigabe des Radioamateurwesens. Und so ist es denn, nicht zum Schaden der Allgemeinheit, gekommen, daß die Radiotelegraphie für jedermann in den meisten Kulturländern schon ausgebreiteter ist als bei uns zulande.

Auf die Dauer ließ sich jedoch diese künstliche Zurückhaltung nicht aufrechterhalten, denn das Radiowesen geht wie eine unwiderstehliche Flutwelle über alle Länder hinweg.

Das amtliche deutsche drahtlose Netz

Wir besitzen heute in Deutschland in allen bedeutenderen Städten Sende- und Empfangsanlagen modernsten Systems für drahtlose Telegraphie, die ein radial um Berlin angelegtes Nachrichtenverkehrsnetz darstellen. Sein Zentrum ist die Reichshauptstadt mit der ihrer Bedeutung entsprechend ausgestatteten Hauptfunkstelle Königswusterhausen.

Diese Station mit der zugehörigen Mehrfachempfangsanlage Zehlendorf zeichnet sich durch eine Vielseitigkeit aus, wie es ihresgleichen wohl kaum eine zweite Anlage auf der Welt gibt. Um den Verkehr mit den mehr oder weniger an der Peripherie des Reichs gelegenen Stationen gleichzeitig und ohne die in den Drahtlosen eigentümlichen Störungen abwickeln und steuern zu können, tragen die fünf Masten von 150 m Höhe der Station 13 voneinander unabhängige kleinere und größere Antennen, denen ebenso viele Röhrensender, System Telefunken, zugeordnet sind. Dieses drahtlose Verkehrsnetz dient nun nicht bloß als Reserve der Drahtleitungen zur Benutzung bei Windbruch, Streiks oder Aufruhr, sondern parallel zur Linientelegraphie zu deren Ergänzung bei ihrer zeitweisen Überlastung. Es erfüllt aber noch drei weitere Aufgaben, deren große Bedeutung leicht zu erkennen ist.

„Blitzfunk"

1. Der sogenannte Blitzfunkverkehr ist ein besonders beschleunigter Telegrammverkehr, bei dem zum fünfzigfachen Tarif telephonisch der Funkstelle (z. B. Hamburg) zugesprochene Depeschen mit Vorrang drahtlos der Empfangsstation (z. B. Berlin) übermittelt und dort wieder telephonisch dem Adressaten zugesprochen oder sonst in geeigneter Weise zugeführt werden. Da der Äther nicht mit Nachrichten verstopft werden kann wie das Liniennetz und die Wellen keinerlei Verzögerung auf ihrem kürzesten Wege erleiden, stellt der Blitzfunkverkehr tatsächlich die schnellstmögliche Verbindung der Städte untereinander dar. Die Herstellung einer telephonischen Verbindung, auch wenn sie dringend gemacht wird, kann mit dem Blitzfunkverkehr nicht in Konkurrenz treten.

Auslands- und Überseeverkehr

2. Die Funkverbindung der deutschen Städte mit Berlin, besonders der Blitzfunkdienst, werden selbstverständlich auch in den Zubringerverkehr der für das Ausland bzw. Übersee bestimmten Telegramme gestellt, die fast ausnahmslos auf drahtlosem Wege (via Transradio) dorthin abgegeben werden. Zur Beschleunigung des Übergabeverfahrens der Funksprüche vom erwähnten innerdeutschen Netz auf die Sendestationen des außerdeutschen sind die Endpunkte des erstgenannten mit den Anfangspunkten des letzten beim Haupttelegraphenamt in Berlin räumlich zusammengelegt. Dem regelmäßigen Verkehr mit den Vereinigten Staaten dienen bekanntlich die beiden deutschen Großstationen Nauen und Eilvese — bald wird auch die Linie Nauen—Argentinien hinzukommen — deren besonderes Telegraphenbureau, die sogenannte Transradio-Betriebszentrale, in der die Sende- und Empfangsbeamten als Nachbarn ihre Dienste verrichten, im gleichen Postgebäude wie das staatliche Funkbetriebsamt untergebracht ist. (S. S. 121 flg.) Außer dem Überseeverkehr wickelt Nauen auch den Verkehr mit den entfernteren europäischen Hauptstädten ab, wie Moskau, Bukarest, Rom

und Madrid, während die übrigen, näher gelegenen, mit Königswusterhausen direkt-drahtlos verkehren.

Der Wirtschafts-Rundfunk

5. Eine weitere praktische Anwendung der drahtlosen Telegraphie in Deutschland besteht im wirtschaftlichen Rundfunkdienst, bei dem die sogenannte Zirkularwirkung ausgenutzt wird. Diese besteht darin, daß die von einem genügend leistungsfähigen Sender nach allen Richtungen des Raumes ausgestrahlten Wellen als Träger der Nachrichten von beliebig vielen Empfängern gleichzeitig aufgenommen werden können. Dieser Eigenschaft, bei der der Wirkungsgrad der drahtlosen Telegraphie seinen höchsten Wert erreicht, vermag die Linientelegraphie nichts auch nur einigermaßen Gleichwertiges zur Seite zu stellen. Kein Wunder also, daß man die Abgabe gleicher Nachrichten, für die sich viele einzelne interessieren, zentralisiert hat. Der wirtschaftliche Rundfunkdienst, der nach der Einführung der drahtlosen Telephonie zu einem Rundspruchdienst geworden ist, eignet sich für vielerlei Interessentengruppen: Regierungserlasse für Behörden, Mitteilungen von Börsenkursen für Banken, politische Nachrichten für Redaktionen, wobei beachtet werden mag, daß auch weiter ab von der Metropole gelegene bzw. weniger zahlungskräftige Unternehmen die gleichen Vorteile genießen wie die sonst bevorzugteren; endlich Wetternachrichten für Landwirtschaft und Schiffahrt und dergleichen mehr. Den Telephoniesender in Königswusterhausen stellt hierzu die Reichstelegraphenverwaltung, während den Nachrichtendienst eine private Gesellschaft, die Eildienst G. m. b. H., übernommen hat, die dafür natürlich eine Gebühr verlangt. Die Miete für den Empfangsapparat erhebt die Post, die ihn errichtet und kontrolliert.

Dieser wirtschaftliche Rundfunkdienst in Deutschland, der sich bereits auf mehrere tausend Empfänger an hunderten Orten erstreckt, stellt eine behördlich eingerichtete, zentral bediente Nachrichtenübermittlung dar, der mit dem eingangs erwähnten Empfang der Radio-Amateure bis auf die Freiheit, die sie meinen, eine gewisse Ähnlichkeit besitzt. Die abgegebenen Nachrichten, die zusammengestellt, redigiert und dem Telephoniesender zugesprochen werden müssen, für dessen Welle eine bestimmte Länge reserviert ist, dürfen natürlich nur den Abonnenten zugute kommen, wenn ein Nachrichtenkommunismus vermieden werden soll. Aber auch der unter 1 und 2 erwähnte, ausgedehnte und ausgezeichnet sich abspielende innerdeutsche drahtlose Dienst, dessen Wörterleistungen überraschend hoch und andauernd im Ansteigen begriffen sind, wäre weder durchzuführen ohne die straffe Organisation in der Hand einer Behörde, wie die Reichstelegraphenverwaltung, noch wäre es möglich, das Telegraphengeheimnis gebührend zu wahren. Auf beides hat aber die Allgemeinheit natürlich einen begründeteren Anspruch als der einzelne zu mehr oder weniger

sportlichen Zwecken. Das Amateurradiowesen kann also erst in zweiter Linie berücksichtigt werden.

„Drahtlose" für Jedermann

Das Reichspostministerium, als Inhaber des Telegraphenregals ist allgemein verpflichtet, das Telegraphengeheimnis zu hüten; eine Aufgabe, die vor dem Aufkommen der drahtlosen Telegraphie wesentlich leichter war als jetzt. Das Aussenden von Nachrichten in den Äther, die nur für einen bestimmten Adressaten bestimmt sind, gleicht bekanntlich nahezu dem Ausrufenlassen durch einen Stentor auf dem Marktplatz. Gewiß, die Empfangseinrichtung muß um so exakter auf die Sendewelle eingestellt sein, je fortgeschrittener das angewandte System ist. Dies verhindert aber trotzdem niemanden am Mithören, der hierzu neugierig genug ist. Empfangseinrichtungen in den Händen von Amateuren müssen darum in ihrem Wellenbereich beschränkt gehalten und der postalischen Kontrolle zugänglich sein; denn es ist jedem geschickten Amateur ein leichtes, seinen Wellenbereich durch Zusatzspulen und dergleichen ins unerlaubte Gebiet zu erweitern. Am sichersten schützt sich die Postbehörde gegen unbefugtes Mithören der Funksprüche durch das radikale Mittel der Einführung der Schnelltelegraphie bzw. des Typendruckes, während das Chiffrieren in dieser Hinsicht nur als ein Notbehelf anzusehen ist.

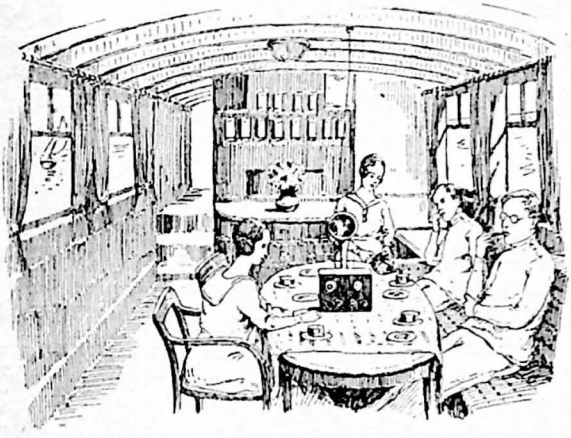
Noch schlimmer wäre es, wenn den Amateuren unbeschränkte Sendefreiheit zugestanden würde. Dieses wäre das Ende eines jeden ernsthaften drahtlosen Nachrichtenverkehrs. Denn selbst bei geringer Antennenleistung, ja vielfach schon durch die Eigenschaft der Audion-Empfänger, in Rückkopplungsschaltung Schwingungen zu erzeugen, treten an den benachbarten Empfangsanlagen der Postbehörde schon gehörige Störungen auf, die unter Umständen den Dienstbetrieb lahmlegen können. Dies haben die Verhältnisse im sogenannten Lande der Freiheit, in den Vereinigten Staaten, zur Genüge bewiesen. Es ist sogar schon vorgekommen, daß ein Schiffsnotruf um solcher Amateursender willen ungehört geblieben und die Rettung des Schiffes dadurch unmöglich gewesen ist. Gewiß ein unhaltbarer Zustand! Die zum Verkehr der Schiffe untereinander und mit den Küstenfunkstellen international festgelegten Wellenlängen müssen darum ganz besonders vor Störungen durch Unberufene gesichert werden.

Es darf demnach niemanden verwundern, wenn bei uns, dem Lande des bestorganisierten öffentlichen Radiodienstes, keine völlige Freigabe des Radio-Amateurwesens zu erwarten ist.

Über das Radio-Amateurwesen

plaudert Oberingenieur Nairz, der rührige Leiter des literarischen Bureaus von Telefunken, in der von ihm herausgegebenen „Telefunken-Zeitung" folgendermaßen:

Wenn man zunächst vom Senden der Amateure absieht, so geht die Entwicklung des Radiosportes auf den Zusammenschluß der Inhaber von Amateurempfangsapparaten im Umkreise einer oder mehrerer Sendestationen hinaus, die besonders für sie errichtet und in ihren Dienst gestellt sind. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den eigentlichen Liebhabern der drahtlosen Kunst, die sich aktiv auf diesem Gebiet betätigen und jenen passiven, die in ihrem Apparat nur eine verbesserte, modernere Art von Grammophon sehen. Die aktiven, deren es im Ausland, z. B. auch in Holland, relativ viele gibt, legen keinen großen Wert auf den vollkommensten Apparat des Handels, sondern sie wollen ihn, ebenso wie ihre Antenne, selbst bauen und kaufen sich nur die Teile, die nicht selbst herstellbar sind, wie z. B. die Glühkathodenröhren u. dgl. Ihnen



Das Telefunkon auf der Vergnügungsyacht

dient, namentlich in den englischsprechenden Ländern, eine umfangreiche Literatur auf diesem Gebiet. Diese Sorte von Amateuren legt auch mindestens soviel Wert wie auf die Aufnahme von Konzerten auf den Empfang der Morsezeichen möglichst aller Radiostationen der Welt, deren Wellenlängen, Rufzeichen und Charakteristiken ihnen geläufig sind. Sie auf einen gewissen Wellenbereich zu beschränken, hieße ihnen das Wasser abgraben. In England z. B. läßt man sie nach einem kurzen Examen, durch das man ihre Ernsthaftigkeit feststellen will, ihrer Leidenschaft weiter fröhnen, wohl bewußt, daß sie unchiffrierte Funksprüche mitlesen, die nicht für sie bestimmt sind. Diese Amateure, die in besonderen Fachblättern ihre Ergebnisse bekanntgeben, erzielen, indem sie sich gegenseitig zu höchsten Leistungen auch im Aufnehmen großer Wortgeschwindigkeiten anspornen, oft Erfolge, die die zunftmäßigen Funkbeamten der Regierungsfunkstellen in den Schatten stellen. Aus dieser Kategorie von Amateuren, für die dieser Name kaum noch zu-

trifft, sind schon tüchtige Hochfrequenztechniker hervorgegangen, mindestens aber ein tüchtiger Nachwuchs von Radiotelegraphisten für zivile und militärische Behörden. Sie begnügen sich natürlich nur ungern mit dem Beherrschen der Empfangstechnik, ihr Traum ist die Sendestation und der drahtlose Verkehr untereinander mit Rufzeichen, wie sie den Stationen der Berufstelegraphie entsprechen. Damit werden sie aber dem öffentlichen Dienst um so gefährlicher, je näher ihre Wellenlängen denen des Berufsverkehrs kommen und je größer die Senderleistung ist.

Die Gemeinde der mehr passiven Radioliebhaber, die ihren Postverwaltungen weniger Sorge macht, ist weit größer. Man kann sie besser mit dem Ausdruck „Radioabonnenten" bezeichnen. Ihre von besonderen Gesellschaften betriebenen Sendestationen wetteifern mit den abwechslungsreichsten Programmen und den berühmtesten Künstlern, Politikern und Männern der Wissenschaft; die modernsten Resultate der drahtlosen Technik stehen ihnen zu Diensten. Die Vereinigten Staaten sind zweifellos am weitesten in der Entwicklung der Organisation und der Fabrikation der zahlreichen Artikel ihres Bedarfes fortgeschritten; eine gewaltige Industrie steht hinter ihnen. Man nimmt an, daß dort etwa 1 000 000 Empfänger mit mehreren 100 Sendern diesem Sporte huldigen.

Ist es nun bloß der Auswuchs einer Mode oder einer Seuche, die, von einem Bazillus erregt, immer weitere Kreise zieht? Vergleichen wir einmal kritisch die Vor- und Nachteile, die ein solcher Radiolauscher gegenüber einer andern sogenannten Errungenschaft der Kultur, dem Grammophon hat, dem er nun so erfolgreich Konkurrenz macht. Letzteres, wenn es mit einem wohl assortierten Lager von Platten ausgestattet ist, steht dauernd in Bereitschaft und gestattet je nach Wunsch des Besitzers jede beliebige Vortragsfolge zusammenzustellen, und es muß zugegeben werden, daß der Genuß, den es bietet, seinen Besitzer um so mehr befriedigt, je weniger Gelegenheit er hat, wie etwa der Großstädter, erstklassigen Originalaufführungen beizuwohnen. Insbesondere sind es auch die Künstler, die nicht mehr unter den Lebenden weilen, die uns das Grammophon immer noch darbietet. Andererseits erlischt das Interesse an Stücken, die man zu oft gehört hat, auch verlieren die Platten bei häufiger Verwendung an Güte der Wiedergabe, und sind nicht gerade billig. Dagegen geht der Radiolauscher mit seiner Zeit und gewährt, freilich nur zu bestimmten Stunden, seine Genüsse preiswerter. Ihm fehlen auch die unangenehmen Geräusche, die im Kratzen der Nadel und in Unvollkommenheiten des Plattenmaterials ihren Ursprung haben. Die drahtlose Telephonie und Musik klingen im allgemeinen reiner, können allerdings auch manchmal durch atmosphärische Störungen unangenehm beeinflußt werden, besonders, wenn hohe Verstärkungsgrade angewandt werden, wie dies einerseits die Verwendung von Rahmenantennen statt normaler Hochantennen, anderer-

ſeits die Wahl von Lautſprechern bedingt. Der ſogenannte ſubjektive Empfang mit dem Telephon am Ohr gewährt zur Zeit noch größeren Genuß als der objektive, der für einen größeren Zuhörerkreis gedacht iſt.

Der Hauptvorzug des Radiolauſchers bleibt natürlich die Möglichkeit, mit einem einzigen Kräfteaufwand praktiſch unendlich vielen Teilnehmern, ganz gleichgültig wo ſie ſind, denſelben Vortrag zu übermitteln. Man bedenke, wie bequem es den Kranken, z. B. den Blinden gemacht wird, den Zeitereigniſſen durch das drahtloſe Telephon zu folgen! Niemand braucht ſich mehr eine Tageszeitung zu kaufen, muß allerdings, berückſichtigen, daß er nicht nur, wie dies beim Leſen geſchieht, nach dem Überfliegen der fettgedruckten Überſchriften nur das ihn Intereſſierende erfährt, ſondern auf alles Vorgeſprochene achten muß, wenn er ſich nicht der Möglichkeit ausſetzen will, manches zu überhören.

Die Stärke des (Unterhaltungs-) Rundſpruchdienſtes für den Amateur liegt zweifellos in der Nachrichtenabgabe an Siedlungen auf dem Land, Dörfer, Güter, Landhäuſer u. dgl., beſonders auch an Einſame. Der Zuhörerkreis für Darbietungen guter Muſik, ja ſelbſt von Opernaufführungen ſonſt nur wenigen zugänglich, namentlich ſeit ihre Koſten ſo außerordentlich geſtiegen ſind, iſt bedeutend erweitert: man könnte ſagen, daß die Muſik ins Volk getragen wird. Auch für die drahtloſe Predigt dürfte ſich manches geneigte Ohr finden. Warum ſollen übrigens nicht auch die Wanderer in den Schutzhütten der Alpen oder Reiſende auf Yachten u. dgl. bei ſchlechtem Wetter, wenn die Zeit ihnen lang wird, davon gewinnen? Dieſen dürften unter anderem Wettermeldungen beſonders erwünſcht ſein. Selbſt für Theaterdirektoren könnte unter Umſtänden ein gemeinſames muſikaliſches Vorſpiel zur Erſparnis ihres Orcheſters eine Verbilligung bedeuten, und der drahtlos erteilte Unterricht an gleichartige Inſtitute ſteht dereinſt durchaus im Bereiche des Möglichen.

Telefunken-Amateurgeräte

Zur Ausnutzung der erwähnten Vorteile, die nach der Freigabe durch die Poſtbehörde die Zirkularwirkung der drahtloſen Telephonie für das eigene Heim bietet, ſobald auch bei uns Sendeſtationen eigens hierfür in Dienſt genommen ſind, iſt die Anſchaffung des Empfangsapparates mit Zubehör und die Errichtung einer Antenne mit Erdanſchluß erforderlich. Telefunken hat nun verſchiedene Typen ſolcher Empfänger geſchaffen, bei denen ihre vielſeitigen Erfahrungen verwertet ſind, ſo daß Apparate entſtanden ſind, die das Höchſte auf dieſem Gebiet darſtellen, das die Gegenwart kennt. Bei der Auswahl derſelben entſcheiden die Entfernungen vom Sender und die Anſprüche, die an die Lautſtärke von Sprache und Muſik geſtellt werden und damit auch die Koſten, die man aufwenden will (oder kann).

Detektor-Empfänger

Der einfachste Apparat, Telefunken A genannt, enthält außer den üblichen Abstimmmitteln, wie Spule und Kondensator, von denen aber nur die Spule bedient wird, noch den Kristalldetektor, der in der Funktelegraphie etwa bis zum Jahre 1917 unumschränkt das Feld beherrschte und selbst heute noch bei einfacheren Empfangsstationen zu finden ist. Der Nachteil dieses Kristalldetektors gegenüber der Kathodenröhre, dem Audion, besteht in der geringeren Lautstärke und der Notwendigkeit, ihn zuweilen nachstellen zu müssen, da er dem Verschleiß namentlich infolge Überlastung durch zu starke Signale oder atmosphärische Störungen, unterliegt. Dieser einfache und billige Empfangsapparat gestattet die Aufnahme von Sprache und Musik, sowie aller Zeichen, die von Funkensendern im Wellenbereich von 200—600 m ausgestrahlt werden. Seine Oberseite trägt drei Klemmschrauben zum Anschluß von Antenne und Erde (die Antenne wird je nach der Wellenlänge der Sendestation an die eine oder die andere Klemme gelegt, wodurch zwei Wellenbereiche vorhanden sind) und zwei Klemmschrauben für den Anschluß des Telephons. Dieses ist in der Regel ein sogenannter Doppelkopfhörer, dessen Bügel sich der Amateur über den Kopf hängt. Das Telefunken A hat gegenüber den an sich moderneren und vollkommeneren Empfängern den unbestreitbaren Vorzug der größtmöglichen Einfachheit; es kann jederzeit ohne irgendwelches Beiwerk in Benutzung genommen werden. Steigen die Ansprüche an Lautstärke, indem man z. B. mehrere Telephone anschließen will, um mehreren Personen den Empfang zu ermöglichen, oder um eventuell auch noch in den Bereich anderer Sender zu kommen, so wird die Hinzunahme eines Empfangsverstärkers erforderlich. Der Apparat ist von der Postbehörde leider nicht freigegeben worden.

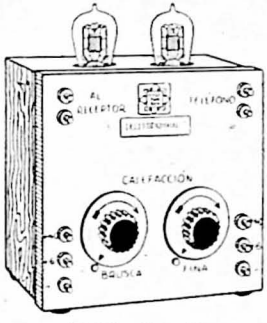
Zur praktischen Verwendung eines jeden Amateurempfängers pflegt in der Regel die Wellenlänge ebenso wie die Zeit, zu der Empfang erwartet werden kann, bekannt zu sein. Die Wellenlänge entspricht bei der benutzten Antenne einer bestimmten Gradstellung der Skala, über die zu Einstellungszwecken der Knopf mit dem Zeiger des Abstimmkondensators gedreht wird. Nur wenn die Wellenlänge unbekannt sein sollte, ist das Aufsuchen der Zeichen einer sendenden Station erforderlich, wozu man für beide Wellenbereiche den Knopf langsam von 0—180° dreht. Ist absolut nichts zu hören, auch wenn man mit dem Einstellknöpfchen des Detektors andre wellenempfindliche Kontaktstellen ausgeprobt hat, dann arbeitet eben kein Sender im Hörbereich des Apparates. Sonst ist ein deutliches An- und Abschwellen der Empfangszeichen zu erwarten, auf deren Maximum man einstellt.

Audion-Empfänger

Moderner, nicht mehr ganz so einfach, aber immer noch leicht zu bedienen, jedoch (unter sonst gleichen Verhältnissen) hundertmal lauter

iſt der Audion-Amateurempfänger Telefunken B. Wie ſein Name beſagt, findet bei ihm das Audion, die Glühkathodenröhre als Detektor, Anwendung. Sie, der univerſalſte Apparat der Radiotechnik, dient bekanntlich nicht nur als Gleichrichter der minimalen Wechſelſtröme, die am Empfänger nach deſſen Abſtimmung auf den Sender zuſtande kommen, ſondern erniedrigt auch deren urſprüngliche Hochfrequenz auf die hörbare Schwingungszahl der Töne. Zu guter Letzt verſtärkt das Audion auch noch die Schwingungen, ſo daß entweder die ſchon erwähnte größere Empfangslautſtärke oder die Möglichkeit, weiter vom Sender entfernt, noch deſſen Signale aufzunehmen, die Folge ſind. Alle drei Funktionen werden von ein und derſelben Röhre ausgeübt, allerdings nicht ohne beſonderes Beiwerk, das dieſen Amateurempfänger etwas unhandlicher und den Betrieb komplizierter macht. Er braucht nämlich eine Akkumulatorenbatterie von 6 Volt, um den Faden der Kathodenröhre zum Glühen zu bringen, die Heizbatterie und eine weitere Span-

Verſtärkerröhre
für den Rundſpruch-Empfänger



Telefunken C
mit Zweiröhren-Niederfrequenz-Verſtärker

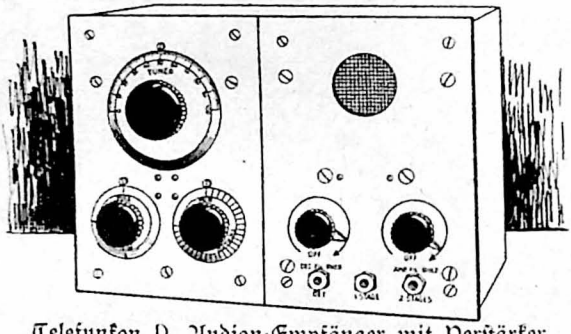
nungsquelle, die Anodenbatterie, zur Energielieferung, denn die Röhre wirkt wie ein Relais. Im Telephon iſt nicht mehr, wie beim Empfänger mit Kriſtalldetektor, ein Bruchteil der Sendeenergie ſelbſt hörbar, ſondern dieſe braucht nur noch die Hilfsenergie der Röhre zu ſteuern, welche die Anodenbatterie von 50 Volt zur Verfügung ſtellt.

Die Anodenbatterie gibt die Spannungsdifferenz zwiſchen Plus- und Minuspol, Anode und Kathode der Röhre, unter deren Einfluß die negativen Elektrizitätsatome (Elektronen) aus der Glühkathode emittieren, um der Anode zuzuſtreben. Der von der Anodenbatterie gelieferte ſogenannte Anodenſtrom von etwa 18 Milliamp. durchfließt das Telephon als Gleichſtrom dauernd. Auf das Telephon ſelbſt wirkt er natürlich erſt, ſobald ſeine Gleichmäßigkeit durch Überlagerung eines Wechſelſtromes beeinflußt wird, der entweder eine konſtante Tonfrequenz beſitzt, die im Rhythmus von Morſezeichen gegeben iſt, oder nach den unregelmäßigen Pulſationen ſchwingt, die den Sprachlauten bzw. der Muſik eigentümlich ſind. Die Intenſitätsſchwankungen des Anoden-

ſtromes werden bekanntlich durch die Gitterelektrode der Röhre bedingt, die ihn dadurch ſteuert, daß ihr elektriſcher Spannungszuſtand die Elektronenwanderung je nach dem Vorzeichen mehr oder weniger droſſelt. Sehr kleine Urſachen geben hierbei relativ große Wirkungen! Die poſitive oder negative Ladung des Gitters geſchieht durch den Hochfrequenzſtrom, den der abgeſtimmte Empfänger ſozuſagen aus der Ätherſchwingung herauskriſtalliſiert hat.

Die Bedienung des Telefunkon B

erfordert nach dem Anſchluß von Antenne, Erde und den beiden Batterien ſowie dem Telephon nur die Betätigung dreier Handgriffe: das Einſchalten der Röhre („Heizung"), das Einſtellen bzw. Suchen der Welle („Abſtimmung") und die Einregulierung der „Rückkopplung". Die Abſtimmung iſt das Intereſſanteſte dabei. Normen laſſen ſich aber kaum geben, man muß das Toneinſtellen ausprobieren. Beim Empfang von Sprache und Muſik handelt es ſich nur um eine geringe



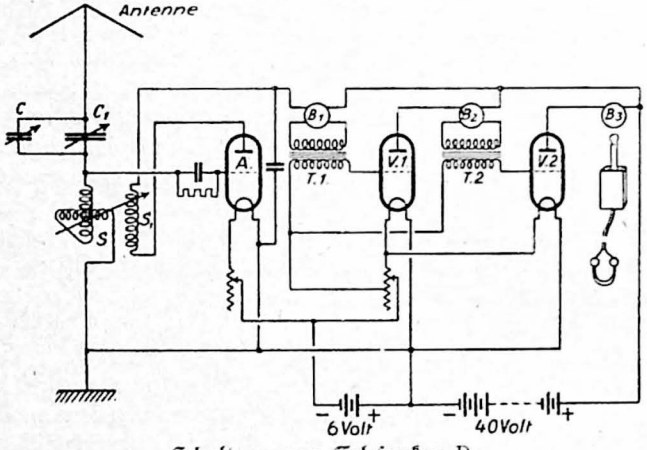
Telefunkon D, Audion-Empfänger mit Verſtärker

Drehung des mit „Rückkopplung" bezeichneten Knopfes von der Nullſtellung aus; im Verlaufe derſelben nimmt die Lautſtärke zu, bis von einer beſtimmten Knopfſtelle an unreine Töne auftreten. Es beginnt dann nämlich die Audionröhre ſelbſt Schwingungen zu erzeugen, wie ihre große Schweſter auf der Sendeſtation, deren Beruf dieſes iſt. Die Schwingungen vereinigen ſich mit den vom Sender aufgenommenen zu Schwebungen, wie ſie aus der Akuſtik bekannt ſind. Die Schwebungsfrequenz iſt die Differenz beider, kann alſo auch durch Änderung der Abſtimmungsverhältniſſe beliebig eingeſtellt werden, ſo daß die Tonhöhe im Telephon am Empfänger ſelbſt hoch oder tief gewählt werden kann. Dies geſchieht natürlich nur, wenn die in Morſezeichen gekleidete konſtante Hochfrequenz ungedämpft arbeitender Telegraphieſender empfangen werden ſoll, die ſonſt unhörbar iſt. Die Beſtätigung dieſes Amateurempfängers iſt alſo nicht mit der rein mechaniſchen des Aufziehens und Nadelwechſelns beim Grammophon zu vergleichen. Sie gewährt dem Beſitzer um ſo mehr Befriedigung, je größer ſein Verſtändnis für die Radiotechnik iſt.

Telefunkon C

Zur Erhöhung der Lautstärke bis auf das Vierhundertfache bei beiden Arten von Empfängern empfiehlt sich die Zuschaltung eines besonderen Empfangsverstärkers, Telefunkon C. Dieser wird notwendig bei größerer Entfernung vom Sender bzw. wenn mehrere Telephone angeschlossen werden sollen oder wenn gar mittels eines lautsprechenden Telephons der Empfang einem größeren Zuhörerkreis vorgeführt werden soll. Beim heutigen Stand der Technik ist eine solche laute Vorführung von drahtlos übertragener Musik u. dgl. zwar schon möglich, wenngleich auf Kosten der Güte derselben. Mit einem guten Grammophon kann sie sich aber noch nicht messen. Auch die Sprache verliert durch den Lautsprecher etwas an Deutlichkeit.

Der Empfangsverstärker, bei dem nur die Glühfadenheizung zu regulieren ist, braucht ebenfalls seine Heiz- und Anodenbatterie, die



Schaltung von Telefunkon D

aber mit der des Audions gemeinsam sein kann. Telefunkon B und Telefunkon C, d. h. die Empfänger- und Verstärkergeräte, können leicht zusammengeschaltet werden. Im

Telefunkon D

sind schließlich der Audionempfänger und der Verstärker in einem Kasten vereinigt, der das Vollkommenste für den Amateur darstellt und die Lautstärke beliebig zu regulieren erlaubt. Mit ihm können alle Arten von Empfängern innerhalb des zugelassenen Bereiches auf fast beliebige Entfernung mit jener Klarheit und Deutlichkeit aufgenommen werden, in der die drahtlose Telephonie der Drahttelephonie so wesentlich überlegen ist.

Die Antennen können sogenannte Dach- oder Hochantennen sein, oder Ersatzantennen verschiedenster Art, bei Audion-Rückkopplungs-

Empfängern kann u. a. sogar die Rahmenantenne Anwendung finden. In allen Fällen gilt, daß je höher und ausgedehnter die Antenne ist, bzw. je mehr ihre Eigenwelle der aufzunehmenden Welle gleichkommt, desto lauter auch der Empfang zu erwarten ist.

Was der Telefunkenmann mit seinem Heim-Radio hört

Herr A. Leib, der hervorragende Konstrukteur der Telefunken-Empfangsgeräte, plaudert in der Telefunken-Zeitung recht interessant, was er mit „seinem" Heim-Radio alles hören kann unter der Ägide des Busch-Mottos:

Mit Recht erscheint uns ein Klavier,
Wenn's schön poliert, als Zimmerzier.
Ob's außerdem Genuß verschafft,
Bleibt hin und wieder zweifelhaft.

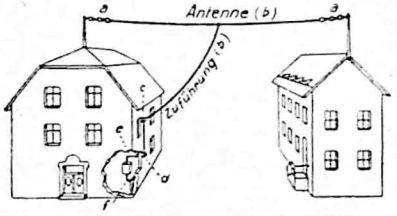
Schön poliert ist mein Radio-Empfänger übrigens nicht, dafür ist er ja auch nur ein Laboratoriumskind. Auch dient er bei mir nicht zur Unterhaltung oder Erbauung, sondern nur zu Studienzwecken. Und da der Broadcasting-Sendebetrieb nur abends stattfindet, habe ich den Apparat bei mir zu Hause aufstellen müssen. Aber er ist ein Audion-Rückkopplungsempfänger mit kleinen und auswechselbaren Spulen. Damit ist sein Wellenbereich (von 150—40 000 m) viel größer als ihn die gestrengen Vorschriften der Reichspost in Zukunft dem deutschen Radio-Amateur gestatten werden. Ich kann den Mangel an Radio-Vorführungen in Deutschland kompensieren, indem ich die sonst dem Amateur gesteckten Grenzen sowohl hinsichtlich des größeren Wellenbereichs als auch der höchsten Empfindlichkeit meiner Apparatur (erlaubterweise!) weit überschreite.

Der Audion-Empfänger gestattet nicht nur ein sehr bequemes Aufsuchen aller nur irgendwie hörbaren Wellen, sondern er läßt auch ein Ausschalten von Störern vermittelst besonderer Spulen und Kondensatoren zu, deren Einschaltung aber nur selten erforderlich ist. Zur Erhöhung der Lautstärke bei entfernteren Stationen verwende ich einen Zweirohr-Niederfrequenzverstärker, und bei sehr leisem Empfang ersetze ich den Audion-Empfänger durch einen Hochfrequenzverstärker. Bei lauten Stationen kann ich an Stelle des Kopfhörers sogar einen Lautsprecher einschalten, um den Empfang im ganzen Zimmer hörbar zu machen. Zu diesem Zweck ist mein Radio-Empfänger mit dem daneben stehenden Grammophon eine Ehe eingegangen. Mit einem Antriebs-Elektromagneten für die Grammophon-Membran ausgerüstet, bringt er das Grammophon, ohne dessen Platten, zum Sprechen.

Neben dem Tisch stehen die unvermeidlichen Batterien, die für einen 50stündigen Betrieb ausreichen. An der benachbarten Wand befindet sich eine Klemmleiste zur Wahl des Luftleiters; es kann eine Hochantenne bzw. verschiedene Ersatzantennen angeschlossen werden.

Zum Empfang der entferntesten Stationen muß die Hochantenne genommen werden, die frei über den Hof, etwa 1½ m über den

Dächern hängt und zwischen zwei Schornsteinen benachbarter Häuser ausgespannt ist. Sie ist eine T-Antenne von 25 m Länge mit einer rund 22 m langen Zuleitung. Die Verbindung zum Empfänger und zur Erdung mit Blitzschutz vermittelt ein Anschlußkästchen, das einen Erdungsschalter, eine Vakuum-Funkenstrecke und Drosselspulen zum Ableiten statischer Antennenladungen enthält. Leider führt die lange Zuleitung durch die Küche über den Korridor in mein Arbeitszimmer. Sie mußte, um Verluste und Zusatzkapazität klein zu lassen, in sehr weitem Abstand von den Wänden verlegt werden. Von den 680 cm Kapazität der Antenne, deren Eigenschwingung 280 m beträgt, entfallen etwa 180 cm auf diese Zuleitung. Wäre die Zuleitung etwa wie eine Klingelleitung, an den Wänden verlegt, so besäße sie allein über 600 cm Kapazität und bedingte so große Verluste, daß 90% der Empfangslautstärke vernichtet würden. Ein kürzerer, direkter Anschluß an die Hochantenne wäre mir ja lieber gewesen, aber die Benutzung der Küche für die Empfangsstation stieß auf unüberwindliche Schwierigkeiten bei der Hausfrau.



Anlage einer Hochantenne mit Zuführung

Da Telefunken im allgemeinen nicht kostenlos gute Hochantennen baut, andrerseits vielleicht auch nicht jeder Hauswirt die freundliche Genehmigung zur Errichtung einer solchen gibt, dürfte es von Interesse sein, auch andere Mittel zum Anschluß des Radio-Empfängers, sogenannte Ersatzantennen, kennenzulernen. Besitzt man Telephonanschluß (und gestattet es die Reichspost), so kann man sehr gut einen der beiden Telephondrähte oder deren Bleihülle als Empfangsantenne benutzen. Man erhält dann etwa $^1/_{10}$ der Lautstärke, die eine Hochantenne leistet. Auch beim Anschluß des Empfängers an ein Regenrohr erhält man noch eine recht brauchbare Lautstärke (etwa $^1/_{30}$ im Verhältnis zur Hochantenne!), die bei Verwendung zweier Regenrohre ungefähr auf das Doppelte steigt. Selbst die eiserne Treppe im Hinterhaus gibt noch Radio-Empfang, wenn auch nur von $^1/_{200}$ der Antennenlautstärke.

Ich habe gelesen, daß in Amerika Amateure sogar ihre eiserne Bettstelle als Antenne benutzt haben, kann aber aus eigener Erfahrung über die Empfangsgüte einer solchen nicht berichten, da ich leider nur hölzerne Bettstellen besitze.

Zur Erdung benutze ich mit gutem Erfolg in Verbindung mit der Hochantenne bzw. den Ersatzantennen entweder die Gas- oder die Wasserleitung, die beide praktisch gleichwertig sind.

Wo, wie etwa auf dem Lande, freihängende Starkstrom-, Licht- und Kraftleitungen ins Haus führen, kann man auch diese mit gutem Erfolg als Antenne benutzen. Der Amerikaner Doubilier hat für diesen

Zweck einen sehr praktischen Anschluß-Kondensator gebaut, der aus zwei Einzelkondensatoren besteht, die mit einer Lampenfassung und zwei Anschlußklemmen für den Empfänger versehen sind. Der Anschluß erfolgt in einfachster Weise wie der einer Glühlampe.

In freistehenden Häusern ohne Eisenkonstruktion erzielt man auch mit einer Rahmenantenne guten Empfang. Diese bevorzugt bekanntlich bestimmte Empfangsrichtungen und gestattet das Ausscheiden von Störern, die aus einer anderen Richtung senden. Der Anschluß eines Radio-Empfängers an die Rahmen-Antenne erfordert die geringsten Unkosten; im Betriebe jedoch stellt sie sich teurer als eine Hochantenne, da sie wegen ihrer geringen Abmessungen nur in Verbindung mit einer größeren Anzahl von Verstärkerröhren anwendbar ist. —

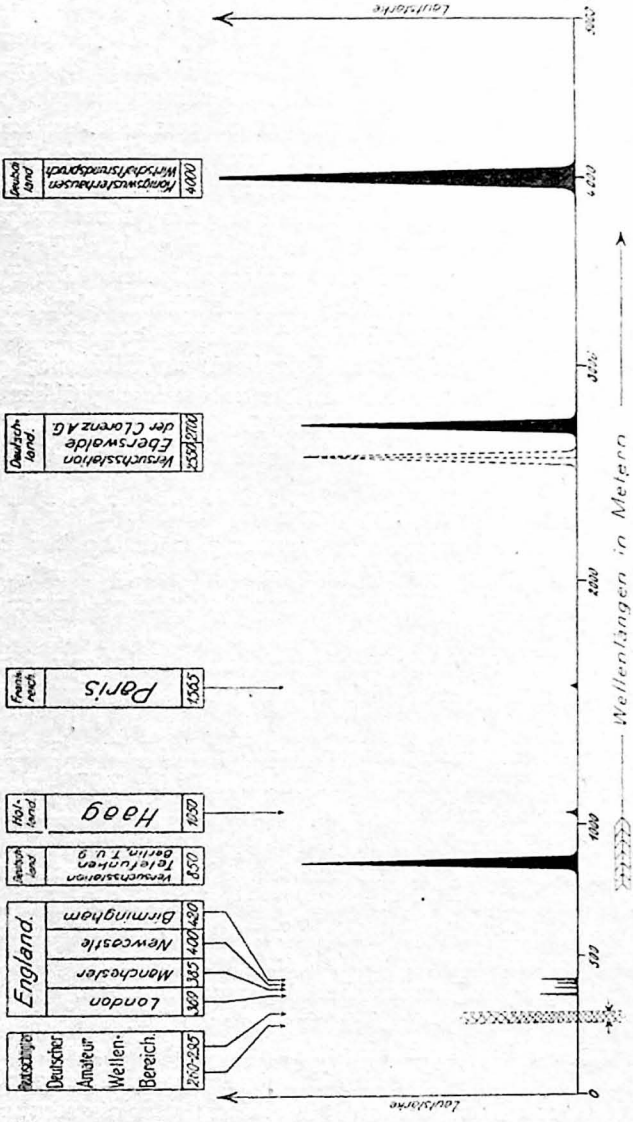
Lieber Leser, nachdem du meinen Heim-Radio-Empfänger kennengelernt hast, lade ich dich ein, mit mir eine telephonische Radioreise durch Europa zu unternehmen, damit du dir ein Bild machen kannst, was für Genüsse die „Drahtlose" auch heute schon zu bieten vermag. Wohlgemerkt, auf die vielen telegraphierenden Stationen, die wir hören könnten, wollen wir gar nicht achten. Ihr Verkehr erfolgt teils chiffriert, teils im Schnellbetrieb, also für uns doch unverständlich, zum andern Teil könnten wir ihn bei Kenntnis der Morsezeichen zwar belauschen, doch wollen wir das seitens der Post uns entgegengebrachte Vertrauen nicht enttäuschen.

Es ist 8^{30} Uhr abends und Zeit, mit unserer Radioreise zu beginnen. Der Audion-Empfänger wird an die Hochantenne geschaltet, die Röhren des Niederfrequenzverstärkers erglühen, und der Kondensatorgriff gleitet über die Wellenskala; wir beobachten und lauschen mit dem Telephon.

Auf der Welle 369 m ertönt Radio-Empfang aus London. Der Ansager meldet eine Sängerin, deren Stimme deutlich und rein zu den Tönen der Klavierbegleitung ertönt. Es folgen nach leider häufigen langen Pausen Männerchöre eines Londoner Gesangvereins, die ihre Volkslieder in vollendeter Weise singen. Nach einem Streichquartett und verschiedenen Ansprachen beschließt regelmäßig die englische Nationalhymne, von einem Orchester gespielt, den Abend, und der Ansager wünscht uns gute Nacht.

Die Lautstärken sind zeitweise überraschend groß, man wähnt sich in den ersten Reihen eines Konzertsaales sitzend, kann den Kopfhörer beiseite legen und den Lautsprecher anschalten. Zu andern Zeiten, die häufig sehr schnell wechseln, wird jedoch der Empfang von London sehr leise. Die kleine Welle von 369 m eignet sich nämlich nicht für eine Übertragung auf so große Entfernungen (für die sie ja auch gar nicht gedacht ist!), da sie durch Wolkenbildung und andere Umstände meteorologischer Art geschwächt wird. Auch wird die musikalische Unterhaltung mitunter durch die monotonen Morsesignale von Schiffsendern gestört. Häufig gelingt es, durch loseres Koppeln, unter Verzicht auf Lautstärke,

die Störer unhörbar zu machen. Wenn der Störsender jedoch die gleiche Welle hat, oder zu ſtark iſt, ſo hilft allerdings keines der vorhandenen Mittel, und es heißt entweder abwarten, oder verſuchen, auf einer an-



deren Welle zu hören. Erſtaunlich ſind die ſtarken atmoſphäriſchen Störungen, die man zeitweiſe bei hohen Verſtärkungen bei dieſen kleinen Wellen beobachtet, ſie treten beſonders an ſternklaren Abenden auf, weniger an regneriſchen und feuchten Tagen.

Auf der Welle 385 m ist Manchester zu hören. Der Ansager ist erheblich leiser als jener der Londoner Broadcasting-Station. Aber die Musik ist noch gut wahrnehmbar, so daß mehrere Zuhörer mit Kopftelephon mithören können.

Wir suchen weiter und hören auf der Welle 400 m Newcastle mit der gleichen Empfangsgüte. Auf der Welle 420 m ist Birmingham zu hören, es ist wieder etwas lauter, sendet allerdings seltener.

Zuweilen, zu Versuchszwecken oder wenn gerade einer der häufigen Vorträge stattfindet, die Telefunken veranstaltet, hören wir eine Berliner Station, nämlich den Röhrensender des Telefunken-Laboratoriums am Tempelhofer Ufer 9. Dann sind die Lautstärken wegen der geringen Entfernung natürlich so groß, daß wir ohne jede Verstärkung und mit jeder Ersatzantenne reichlich laut mithören können. Die Sprache dieses Röhrensenders ist außerordentlich klar, die Musik, besonders beim Cellovortrag, ein Kunstgenuß. Entsetzlich klingen dagegen schlechte Grammophonplatten, die durch Radio-Telephonie natürlich nicht genußvoller werden und das wirkliche Können der radiotelegraphischen Übertragung in ganz falsches Licht setzen. Die Lautstärke von Musikstücken reicht übrigens völlig aus, um in kleiner Gesellschaft danach zu tanzen.

Auf der Welle 1000 m können wir die holländische Station im Haag vernehmen, deren Sprache nicht immer klar ist, da der Sender mit nur etwa 50 Watt Antennenleistung arbeitet. Die Lautstärke der Musik ist aber in den meisten Fällen selbst zur Anschaltung einiger Kopfhörer ausreichend.

Die Welle 1550 m bringt Radiomusik aus Paris; wir hören sie allerdings nur selten, da gerade diese Welle von vielen störenden Verkehrswellen umgeben ist.

Ein sehr lautes und gutes Konzert der Versuchsstation Eberswalde der C. Lorenz A.-G. können wir täglich mit der Welle 2550 m, häufig auch 2700 m, empfangen. Die Station hat ein flottes Programm, leider zu wenig Originalmusik.

Die Welle 3000 m gibt uns Radioempfang von der dänischen Station Lingby bei Kopenhagen. Mit dem Audion-Empfänger und Niederfrequenzverstärker ist aber dieser Empfang sehr leise, höchstens für zwei Kopfhörer ausreichend. Mit dem Hochfrequenzverstärker dagegen kann er im ganzen Zimmer hörbar gemacht werden. Bei dieser hohen Verstärkung ist aber beste Selektion erforderlich.

Gehen wir die Wellenskala noch weiter hinauf, so nehmen wir bei 4000 m ein sehr lautes tönendes Brummen wahr. Wenn wir alle Verstärkerröhren ausschalten und auf die einfachste Ersatzantenne übergehen, hören wir die monotonen Wirtschaftsnachrichten des Rundspruchdienstes von Königswusterhausen immer noch reichlich laut. Die Worte und Zahlen sind uns aber unverständlich, da sie nach einem Chiffreschlüssel gesprochen werden. Darum besitzt dieser Empfang für den

Radio-Amateur nicht den geringsten Reiz; eine Verletzung des Telegraphen-Geheimnisses ist keinesfalls zu befürchten.

Leider ist dieser Genuß nur einem Privilegierten, die es aber auch heute noch bei uns gibt, vorbehalten. Aber was nicht geht, geht nicht! Der Staat oder das Reich über alles!

Der drahtlose Rundspruch im Ausland

ist, wie schon bemerkt, viel verbreiteter als bei uns, allerdings nur der Unterhaltungsrundfunk, während alles andre lange nicht auf der Höhe des unsrigen steht. Welche bedenklichen Erscheinungen das gezeigt hat, wird aus der folgenden Darstellung des Postrats H. Thurn aus der Telefunken-Zeitung hervorgehen.

Vereinigte Staaten von Nordamerika

Von einer großen Anzahl von Sendestellen aus werden täglich drahtlose Musik, Vorträge, Predigten usw. durch verschiedene Funkfirmen verbreitet, die es allen Besitzern von Empfangsapparaten freistellen, mitzuhören. Diese Maßnahme hat das amerikanische Publikum zu einer regen Beteiligung veranlaßt, so daß heute über eine Million von Empfangsapparaten auf alles hören, was sie erlauschen können. Durch das Fehlen einer staatlichen Regelung begünstigt, konnten so ausgedehnte Funkbetriebe entstehen, die sich aber bald durch die vielen Sendeanlagen zu einer ernsten Gefahr entwickelten; heute ist ein allgemeines Durcheinander eingetreten, so daß die Abwicklung des ernsthaften drahtlosen Handelsverkehrs und des Regierungs-Funkdienstes sehr behindert ist. Da ferner das Urheberrecht der ausgesandten Nachrichten und das Telegraphengeheimnis in keiner Weise geschützt sind, besteht in unserm Sinne eine allgemeine Zügellosigkeit auf diesem Gebiet, der gegenüber die Regierung bisher machtlos war. Zur Beseitigung der aufgetretenen Übelstände hat eine unter Vorsitz des Staatssekretärs Hoover einberufene Kommission von Behördevertretern kürzlich vorgeschlagen, die amerikanischen Gesetze dahin zu ergänzen, daß dem Handelsminister Vollmacht erteilt wird, die Errichtung und den Betrieb privater Funkstationen wirksam zu überwachen. Selbst die Rundfunkgesellschaften sind vor einiger Zeit an die Regierung herangetreten, zur betriebssicheren Durchführung eines brauchbaren Rundspruchdienstes wenigstens den Sendedienst der einzelnen Stationen baldigst zu regeln.

Südamerika und Südafrika

Auch in den andern amerikanischen Staaten, besonders in Südamerika, ferner in Südafrika, hat der drahtlose Rundspruch sich immer

mehr eingebürgert. Die Marconigesellschaft hat in Pretoria eine Tochtergesellschaft für diese Zwecke ins Leben gerufen. Obwohl in den südafrikanischen Staaten die Telegraphie und Telephonie Staatsregal ist, soll die Telegraphenverwaltung nicht beabsichtigen, drahtlose Rundspruchanlagen selbst zu betreiben; mit Genehmigung der Behörde werden vielmehr private Gesellschaften zum Betriebe eines solchen Dienstes unter bestimmten technischen Voraussetzungen und Zahlung einer Lizenzgebühr zugelassen werden.

Australien

Auch in Australien ist ein Unterhaltungs-Rundspruchdienst in Vorbereitung. Die Regierung wird einer Broadcasting Co. die Genehmigung zur Errichtung und zum Betriebe eines solchen Rundspruchs unter bestimmten Voraussetzungen erteilen; an dieser Gesellschaft werden die größten australischen Fachfirmen beteiligt sein. Musikalische Darbietungen werden schon jetzt zeitweise durch Melbourne drahtlos telephonisch verbreitet.

Leider sind infolge der in manchen Ländern wilden Entwicklung des Rundfunks die guten Seiten, die die Neuerung zweifellos in sich birgt, zum größten Teil verlorengegangen, und der Begriff „broadcasting" hat einen üblen Beigeschmack bekommen. Auch auf Europa hat dieses drahtlose Fieber übergegriffen. Zuerst setzte das Lieferungsgeschäft ein, da die amerikanischen Funkfirmen trotz umfangreicher Erweiterung ihrer Fabrikation der Nachfrage nicht gerecht werden konnten, so daß sich die Notwendigkeit ergab, auch die mit der Herstellung von Funkgeräten beteiligten europäischen Kreise zur Apparatlieferung heranzuziehen. Sodann setzte die Propaganda für den Vergnügungs-Rundspruch auch in der Alten Welt ein, und wir sehen, daß schließlich die einzelnen Regierungen mit mehr oder weniger lebhaftem Widerstreben seiner Einführung zustimmen mußten.

Frankreich

In Frankreich gibt es bereits einen privaten Unterhaltungs-Rundspruchdienst, für den etwa zehn besondere Sender mit 1½ kW Antennenleistung zur Verfügung stehen; auch der Eiffelturm beteiligt sich zuweilen an drahtloser Musikübertragung. Das Programm wird in der Regel zwischen 5 und 10 Uhr abends abgewickelt.

Von Interesse ist hier besonders die neueste Verordnung über die Einrichtung drahtloser Stationen, die vom Unterstaatssekretariat für Post und Telegraphie am 30. Dezember 1922 erlassen worden ist (Journal Officiel vom 14. Januar 1923). Der Gesetzentwurf vom Jahre 1922 bestimmt, daß keine Sendefunkstelle ohne vorherige Genehmigung gebaut werden darf. Er enthält auch Maßnahmen, die für die Sicherheit des drahtlosen Verkehrs nötig sind, und die Strafen, die bei Verstößen gegen diese Bestimmungen Anwendung finden sollen. Die zugehörige Verordnung enthält die Bedingungen, unter denen private

drahtlose Empfangsstellen eingerichtet werden können. Insbesondere sieht er für die Errichtung von Empfangsstellen eine Anzeigepflicht vor.

Der Genehmigungsinhaber einer Funkempfangsstelle ist verpflichtet, aufgefangene Nachrichten, die nicht an ihn gerichtet sind, geheim zu halten. Diese Nachrichten dürfen nur an die hierfür von der Post- und Telegraphenverwaltung bezeichneten Beamten oder an die zuständigen Offiziere der Polizeigerichte mitgeteilt werden.

Eine Übertragung der Genehmigung an Dritte ist nicht gestattet. Die Genehmigungen können von dem Unterstaatssekretär für Post und Telegraphie widerrufen werden, ohne daß es nötig ist, die Gründe einer solchen Maßnahme bekanntzugeben. Auf die erste Aufforderung der Post- und Telegraphenverwaltung hin muß der Genehmigungsinhaber seine Funkanlage sofort außer Betrieb setzen.

Belgien

In Belgien ist in Brüssel La société Belge Radio Electrique (zur Durchführung eines privaten Rundspruchdienstes) mit einem Kapital von 4 Millionen Frank gegründet worden. Diese neue Gesellschaft steht mit mehreren wohlbekannten Fachindustrie-Konzernen in Verbindung; insbesondere ist hieran die Marconi Wireless Telegraph Co. und La Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil beteiligt.

Schweiz

In der Schweiz hat sich in Bern eine Schweizer Gesellschaft für drahtlose Telegraphie und Telephonie gebildet, die beabsichtigt, einen drahtlosen Rundspruchdienst mit drahtloser Telephonie zur Einführung zu bringen.

Norwegen

Selbst in Norwegen scheint das Bedürfnis für einen privaten Rundfunkdienst vorzuliegen. Die Norwegian Radio Co., die Norwegian Marconi Co. und das Norks Telgram Bureau wollen eine drahtlose Rundspruchgesellschaft gründen und mit Genehmigung der norwegischen Regierung einen drahtlosen Rundspruchdienst einrichten. In Christiania, Bergen und Trondhjem sollen Sendestationen mit einer Reichweite von je 100 Meilen zur regelmäßigen Verbreitung von Konzerten usw. errichtet werden. Die Empfangsapparate sollen gegen Entrichtung einer jährlichen Miete abgegeben werden und der Überwachung durch die Telegraphenämter unterstehen.

In Christiania ist außerdem die Errichtung einer größeren Sendestelle geplant, die Presse- und Wetternachrichten für den Bereich Südnorwegens funktelephonisch und für weitere Entfernungen funktelegraphisch verbreiten soll.

Schweden

In Schweden haben die Svenska Radioktiebolaget, Elektriska aktiebolaget A. E. G. und Tidin garnas Telegrambyra-

aktiebolaget (Zeitungstelegrammbureau A.-G.) bei der Regierung um die Genehmigung nachgesucht, mittels drahtloser Telephonie Nachrichten an die Allgemeinheit übermitteln zu dürfen. Wird diese Genehmigung erteilt, beabsichtigen die drei Firmen gemeinsam, eine neue Gesellschaft zur Ausnutzung der Konzession zu gründen. Die Antragsteller haben sich bereiterklärt, unmittelbar nach Erteilung der Konzession in Stockholm eine Sendezentrale zu errichten und ebenso in Gotenburg und Malmö, sowie sich dort etwa 3000 Abonnenten gemeldet haben. Der Betrieb ist in der Weise gedacht, daß zu bestimmten Tageszeiten die zuletzt eingetroffenen, allgemein interessierenden Neuigkeiten, Wettertelegramme, Börsennotierungen usw. angesagt werden. Für die Abendstunden hat man die Vorführung von Musik geplant und zu diesem Zwecke jetzt schon Verhandlungen mit der Oper und der Musikakademie eingeleitet.

Holland

Holland ist in Europa dasjenige Land, in dem die Amateurfunkerei die meiste Freiheit genießt. Schon vor dem Kriege war das Empfangen von drahtlosen Nachrichten in Holland jedermann freigegeben. Bei Beginn des Weltkrieges wurden aber diese privaten Funkempfangsstellen geschlossen; das Empfangsverbot wurde jedoch besonders auf Drängen der „Nederlandsche Vereenigung voor Radio-Telegraphie“ 1917 wieder aufgehoben. In Holland gibt es heute 4000 Amateure, die Empfangsapparate vom einfachen Zellenempfänger bis zum Empfänger und Verstärker mit Doppelgitterröhren, die vielfach sogar Schreibempfang amerikanischer Großfunkstellen ermöglichen, benutzen. Die durch internationales Übereinkommen festgelegte Geheimhaltung des Telegrammverkehrs versucht die holländische Telegraphenverwaltung dadurch sicherzustellen, daß sie den Amateuren gesetzlich das Verbot auferlegt, Nachrichten, die nicht für sie bestimmt sind, niederzuschreiben, zu veröffentlichen oder Dritten mitzuteilen. Diese Freiheit der Aufnahme drahtloser Nachrichten soll in Holland keine nachteiligen Einflüsse gezeigt haben. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß der holländische Funkverkehr nach England und Deutschland, der 1919 aufgenommen wurde, recht bald stark nachließ, da die holländischen Amateure diesen Verkehr mithören konnten. Die holländische Telegraphenverwaltung sah sich genötigt, in den Aufnahmeräumen ihrer Telegraphenämter auf diesen Übelstand hinzuweisen, so daß es uns nicht wundernehmen darf, wenn wir sehen, daß diese holländischen Funkverbindungen für den öffentlichen Telegrammverkehr vom Publikum kaum noch benutzt werden. Besonders Handelstelegramme und sonstige wichtige Telegramme werden auf diesen Funklinien überhaupt nicht befördert. Im übrigen sei bemerkt, daß durch das holländische Verbot der Verwertung fremder Nachrichten ein Mißbrauch nicht verhindert werden kann; nur eine Veröffentlichung der verbotswidrig aufgenomme-

nen Nachrichten in Zeitungen läßt sich verfolgen, da hierdurch der Telegrammdiebstahl offenkundig wird.

Ein eigentlicher Unterhaltungsrundspruch ist in Holland bisher noch nicht eingeführt worden. Jedoch haben einige Firmen eine Sendebewilligung für Versuchszwecke bekommen. So gibt z. B. die Nederlandsche Radio-Industrie im Haag jeden Sonntagnachmittag und manchmal auch an Wochenabenden Radio-Konzerte, die nicht nur von den holländischen, sondern auch von den englischen und französischen Amateuren aufgenommen werden können. Auch werden allgemeine Mitteilungen auf radiotechnischem Gebiet durch diese Stelle verbreitet.

England

Am weitesten in Europa sind die Arbeiten auf dem Gebiete des Unterhaltungsrundspruchs in England gediehen, das den Nutzen der neuen Einrichtungen für seine Industrie eingesehen hat und, da es die in Amerika vorgekommenen Fehler vor Augen hatte, in der glücklichen Lage war, von vornherein den Rundspruch so auszugestalten, daß ein ordnungsmäßiger Betrieb und eine ausreichende Überwachung der neuen Sende- und Empfangsanlagen gesichert war.

Zur Ausführung des Rundfunkdienstes ist in England die British Broadcasting Company (B. B. C.) mit einem Kapital von 100 000 Pfund gegründet und vom Britischen Generalpostmeister zum Betriebe zugelassen worden. Die Broadcasting Company wird Tagesnachrichten, Musikaufführungen, allgemeine Vorträge und solche erzieherischen Inhalts, Reden, Wetterberichte und musikalische Theatervorführungen verbreiten. Die Gesellschaft will keine Gewinne machen, die höher als 7½% sind, sondern vielmehr einen „öffentlichen Wohlfahrtsdienst" ausüben.

Es dürfen nur vom Generalpostmeister genehmigte Apparate verwandt werden, die den Stempel: „Type approved by P. M. G. B. B. C" tragen müssen. Broadcasting-Apparate dürfen nur für Mitglieder der Gesellschaft hergestellt werden.

Jedes Mitglied hat Erfindungen (Patente) für Funkzwecke der Gesellschaft frei zur Verfügung zu stellen, so daß die B. B. C. von allen Gebühren befreit ist — gewiß ein großer Vorteil bei Bildung einer Broadcasting-Gesellschaft.

Für Telephonie-Rundspruch-Sender sind die Sendewellen vertraglich auf 350—425 m festgesetzt. Eine Störung der dem öffentlichen und Dienstverkehr dienenden Funkstellen muß tunlichst vermieden werden; unter Umständen muß der Rundfunksender zeitweise außer Betrieb gesetzt bzw. verlegt werden.

Fremde, im Ausland hergestellte Apparate dürfen für Rundfunkzwecke nicht verkauft werden; jedoch läuft dieser Schutz gegen fremde Einfuhr nur zwei Jahre, für welchen Zeitraum (bis 1. Januar 1925) die Gesellschaft auch nur den Rundfunkdienst gewährleisten kann.

Als Sendeſtellen ſind folgende acht Orte vorgeſehen: London (vorläufig Marconihouſe), Birmingham, Mancheſter, Newcaſtle, Plymouth, Cardiff, Edinbourgh (oder Glasgow) und Aberdeen. Für jede Sendeſtelle iſt von der Geſellſchaft eine Jahresgebühr von 50 Pfund an die Poſtverwaltung zu zahlen; jeder Abonnent hat an die Poſt eine Gebühr von 10 Schilling zu zahlen, von der die Hälfte an die B. B. C. geht.

Die von der Poſtverwaltung ausgeſtellten Genehmigungsverfügungen enthalten als Hauptpunkt die Beſtimmung, daß ſie nur für Apparate gültig ſind, die den Stempel der Broadcaſting-Geſellſchaft tragen.

In die vorgedruckten Lizenzen werden aufgenommen Name und Wohnung des Antragſtellers, Lage der Empfangsſtelle, Tag des Ablaufs der Genehmigung, Tag der Ausfertigung und Unterſchrift des Antragſtellers. Die jedesmalige Erneuerung lautet auf ein Jahr.

Die Broadcaſting-Apparate müſſen in der Hauptſache folgenden techniſchen Bedingungen entſprechen:

1. Es muß ſchwierig ſein, die Anordnung der darin vorgeſehenen Stromkreiſe durch äußerliche Verbindung zu ändern;
2. kein Empfangsapparat für allgemeine Nachrichtenzwecke darf eine oder mehrere Röhren erhalten, die ſo geſchaltet ſind, daß ſie imſtande wären, den Luftleiter in Schwingungen zu ſetzen. Durch eine ſolche Schaltung würde ja der Empfänger ſelbſt als kleiner Sender wirken und benachbarte Empfangsſtellen ſtörend beeinfluſſen;
3. nach Prüfung der Apparatſätze durch die techniſche Abteilung des Generalpoſtmeiſters wird die Genehmigung erteilt, wobei jede Type von der Poſtverwaltung eine Nummer erhält, die mit der eingetragenen Handelsmarke der Funknachrichten-Geſellſchaft übereinſtimmen muß.

Die Errichtung der verſchiedenen Stationen iſt in Angriff genommen; bis zu ihrer Fertigſtellung wird der Dienſt von den Aushilfsſtationen in London, Birmingham und Mancheſter bewerkſtelligt.

Die Geſellſchaft hat mit vier britiſchen Preſſebureaus (Reuter, der Press-Association, den Central News und der Exchange Telegraph Co.) Abkommen getroffen zwecks Belieferung mit einer Überſicht der Welttagesnachrichten. Ferner liefert die Meteorologiſche Abteilung des Luftminiſteriums jede Nacht zwei Wetterberichte. Die Londoner Station gibt jeden Abend um 6 und 9 Uhr auf der 380 m-Welle ein kurzes Nachtprogramm. Regelmäßige Abendprogramme, deren Einzelheiten in den Zeitungen ſtehen, werden von folgenden Stationen gegeben: London auf 369 m, Birmingham auf 420 m, Mancheſter auf 385 m und Newcaſtle auf 400 m.

Als Beiſpiel des regelmäßigen Broadcaſting-Programms der Station Mancheſter ſei folgendes wiedergegeben:

6 bis 6^{30} Uhr abends Erzählungen für Kinder, dazwischen
6^{15} „ 9^{15} „ neueste Reuter- und andere Telegramme. Klassische und halbklassische Musik (Vortrag auf einem Steinway-Flügel);
7^{30} Uhr Antworten auf schriftliche Anfragen in Radioangelegenheiten. Halbtechnische und populäre Vorlesungen von allgemeinem Interesse;
von 8 bis 10 Uhr das Hauptmusikprogramm. Gesang und Instrumentalmusik. Für den letzten Teil des Abends Grammophon- und Tanzmusik.

Man hofft zuversichtlich, daß die Zahl der Lizenzbewerber sich bald beträchtlich erhöhen wird, so daß die Einnahmen der B. B. C. ein wirklich erstklassiges Programm gewährleisten können. Die Gesellschaft weiß wohl, daß wirklich gute Darbietungen erforderlich sind, um den Plan erfolgreich zu gestalten.

Drahtlose Telephonie im Schiffsverkehr

Bemerkenswert ist das Interesse, das neuerdings an Bord und an der Küste der drahtlosen Telephonie zugewandt wird. Nachdem im Laufe des vorigen Jahres die von der Reichstelegraphenverwaltung betriebenen Küstenfunkstellen Norddeich, Cuxhaven und Swinemünde mit Röhrensendern und Telephoniezusatzgeräten ausgerüstet worden sind, haben ständig Verkehrs- und Reichweitenversuche zwischen diesen Küstenfunkstellen und deutschen Schiffen im Atlantik stattgefunden. Besonders gute Ergebnisse hatten Versuche mit den Dampfern „Cap Polonio" auf der Reise nach Südamerika und „Albert Ballin" auf der Reise nach Nordamerika; diese ergaben, daß eine sichere Aufnahme der Sprache der mit einem 5-kW-Sender ausgerüsteten Hauptfunkstelle Norddeich noch mehrere Tagereisen südlich und westlich des englischen Kanals möglich ist. Sowohl an Land wie auch an Bord sind Vorbereitungen im Gange, die den Endzweck haben, einen funktelephonischen Gegensprechverkehr zwischen den Ortssprechnetzen in Berlin, Bremen, Hamburg oder anderen deutschen Städten und den Reisenden an Bord zu ermöglichen. Als besonders wertvoll hat sich auch die funktelephonische Verbreitung der Wetterberichte von Norddeich und Swinemünde erwiesen, die es nunmehr auch den nicht der Morseschrift kundigen Interessenten an Bord kleiner Fahrzeuge ermöglicht, diese für die Navigation äußerst wichtigen Meldungen aufzunehmen.

Ein Telefunkensender für den Unterhaltungs-Rundspruch

Zur Durchführung des drahtlosen Unterhaltungsrundspruchs ist eine den Verhältnissen angepaßte Sendeeinrichtung erforderlich, für die sich kein System so eignet wie der Röhrensender. Von seiner Güte, d. h. seiner technischen Vollkommenheit, hängt die klare Wiedergabe der Darbietungen in erster Linie ab.

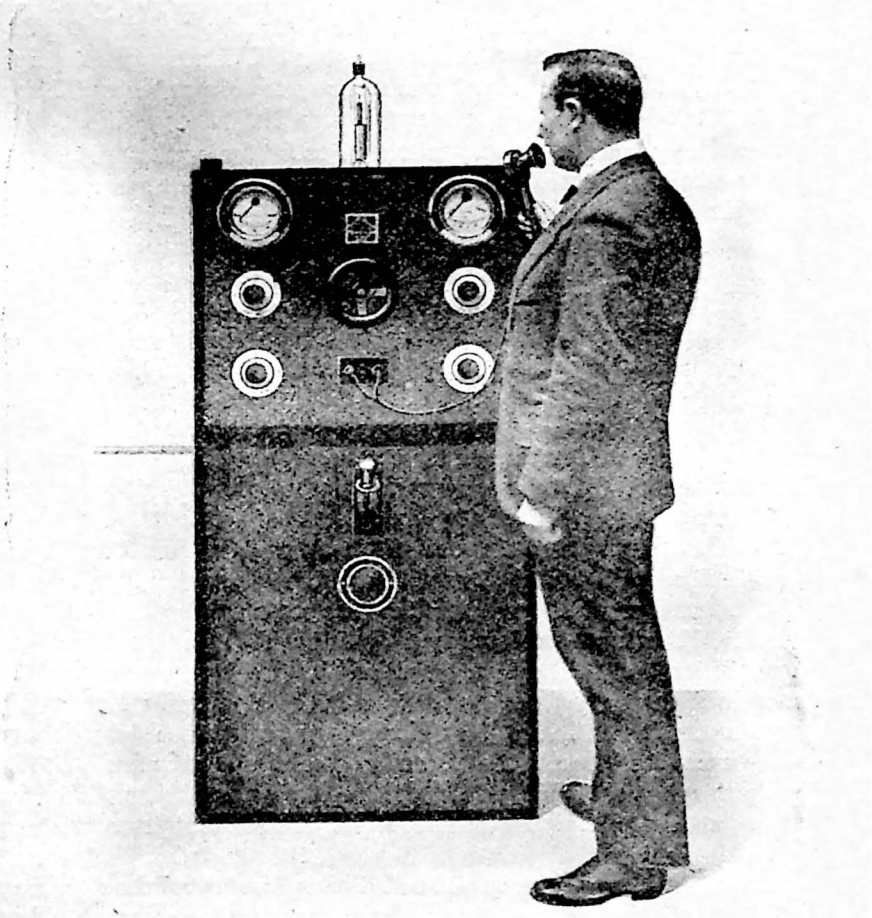
Eine Sendeanlage besteht im wesentlichen aus der Antenne, dem eigentlichen Sender mit Mikrophon, durch das er besprochen wird, und den Stromerzeugungsmaschinen.

Genaue Angaben für den Bau der Antenne zu machen ist nicht möglich, da die Ausführung von den Verhältnissen am Aufstellungsorte in starkem Maße abhängig ist. So ist zu berücksichtigen, ob die Station in einem normalen Gebäude innerhalb des Stadtgebiets oder in einer kleinen Baracke auf freiem Gelände untergebracht werden soll. Im ersten Falle müßte die Antenne hinreichend erhöht, möglichst wenig von aufragenden Giebeln, Schornsteinen und dergleichen abgedeckt, errichtet werden. Im andern Falle wären wohl kaum besondre Rücksichten zu nehmen.

Einige allgemeine Angaben in bezug auf ihre elektrischen Eigenschaften können jedoch gemacht werden. Die Antenne sollte ungefähr eine Kapazität von 700 cm und einen Widerstand von etwa 7 Ohm besitzen. Diese beiden Werte werden meist von einer L- oder T-förmigen Antenne erreicht, deren wagerechter Teil aus 4 Einzeldrähten besteht, die in einem Abstand von 50 cm voneinander gespannt sind und eine Länge von 60 m besitzen. Die Höhe der Antenne sollte möglichst 30 m betragen. Soweit es durchführbar ist, empfiehlt es sich, größere Höhen anzuwenden; der wagerechte Teil der Antenne muß dann verkürzt werden. Wenn dagegen diese Höhe nicht erreicht werden kann, muß der Abstand der Antennenstützpunkte etwas mehr ausgedehnt werden. Als Antennenmaterial wird gutes Bronzeseil geliefert. — Die Antenne wird über die Kopplungsspule des Senders mit der Erde verbunden und nimmt etwa 0,5 kW Schwingungsleistung auf.

Die Erdung erfordert ein gutes Leitvermögen des Erdbodens, wozu am besten Metallplatten in das Grundwasser versenkt werden; in Fällen, wo dies nicht anwendbar, können Röhrensysteme aller Arten, Eisenkonstruktionen oder dergleichen als guter Notbehelf dienen. Beim Fehlen auch solcher künstlichen Erdungen ist man auf die Ausführung eines Gegengewichts angewiesen. Dies ist ein System von Drähten,

die in geringer Entfernung von der Erde ausgespannt werden müssen. Die Fläche, die dieses Drahtsystem überdecken muß, sollte in den Ab-



Telephonie-Röhrensender, 0,5 kW-Antennenleistung, für den Unterhaltungs-Rundspruch

messungen etwa das Zwei- bis Dreifache der Fläche des wagerechten Teiles der Antenne sein.

Der Sender ist ein Röhrensender von einfachem, kräftigem Aufbau und übersichtlicher Anordnung aller Teile, dessen Vorderansicht unser Bild zeigt. Die sichtbare Wand, die Meßinstrumente und Be-

dienungsgriffe für die Reglung der Heizströme, Einstellung der Welle und Schalter trägt, bildet den vorderen Abschluß eines Rahmengestelles, in dem die einzelnen Teile des Senders untergebracht sind. Im wesentlichen sind dies Vakuumröhren, Spulen, Kondensatoren und Transformatoren. Das auf dem Bilde sichtbare Mikrophon dient lediglich zur Besprechung des Senders zum Zwecke der Abstimmung und Spracheinstellung. Im Betriebe wird der Sender durch ein anderes Mikrophon besprochen, das in einem besonderen Raum Aufstellung findet.

Aus einem Leitungsnetz werden zwei Umformer gespeist, von denen der eine den Strom für die Heizung der Röhre und der andere die Leistung für den Anodenkreis der Senderöhre liefert. In beiden Fällen wird Gleichstrom, jedoch von verschiedener Spannung, erzeugt. Die Heizleistung beträgt zirka 150 Watt bei 18 Volt Spannung, die Anodenleistung zirka 1 kW bei 3000 Volt Spannung. Parallel zu den Klemmen der Heizmaschine liegt eine Batterie, die dazu dient, die Unregelmäßigkeiten der Heizspannung auszugleichen. Der Gleichstrom der Anodenmaschine fließt über eine Drossel der Senderöhre zu. An der Senderöhre liegt ein Schwingungskreis, der aus einem Kondensator und einer Spule besteht und in dem durch die Röhre Schwingungen erzeugt werden. Mit diesem Schwingungskreis ist die Antenne durch eine Kopplungsspule gekoppelt.

Die Schwingungen, die der Sender erzeugt, sind kontinuierlich, ihre Amplitude wird mittels des Mikrophons beeinflußt. Hierzu dient eine Kathodenröhre, die zwischen Kathode und Gitter der Senderöhre eingeschaltet ist und im wesentlichen die Aufgabe hat, den Gleichstrom, der vom Gitter der Senderöhre zur Kathode fließt, zu variieren. Diese Wirkung wird erzielt, indem das Gitter dieser Sprechröhre vom Mikrophon aus unter Vermittlung eines Transformators mit Wechselspannung versehen wird, die durch die Sprache beeinflußt worden ist. Diese Wechselspannung am Gitter der Röhre verändert deren Widerstand, und der von dem Gitter der Röhre abfließende Gleichstrom wird mehr oder weniger gehemmt. (S. das Kapitel „Die drahtlose Telephonie".)

Wenn dieser Gleichstrom nicht abfließen könnte, würden die Senderöhren keine Schwingungen im Schwingungskreise erzeugen können. Fließt er dagegen ungehemmt ab, so verläuft die Schwingungserzeugung ungestört und die Energie im Schwingungskreise hat einen Höchstgrad erreicht. Der erste Zustand tritt ein, wenn am Gitter der Sprechröhre eine gewisse negative Spannung liegt, der zweite Zustand wird durch eine gewisse positive Spannung am Gitter der Modulationsröhre hervorgerufen. Negative Spannung am Gitter der Sprechröhre ist der Ruhezustand, sobald aber Sprechwechselströme auf das Gitter kommen, werden deren positive Werte wirksam, und der Widerstand der Röhre pendelt im Rhythmus der akustischen Schwingungen zwischen seinen beiden bestimmten Grenzwerten; in demselben Maße ändert sich die Energie, die in dem Schwingungskreise schwingt.

Diese Methode der Modulation gibt eine klare, verständliche Sprache bei einem sehr guten Wirkungsgrad, d. h. die volle Sendeleistung kann vollkommen ausgesteuert werden.

Die modulierten Hochfrequenzschwingungen werden durch Induktion auf die Antenne übertragen, wobei diese in ihrer Eigenschwingung auf die Frequenz des Senders abgestimmt ist.

Das Mikrophon, wodurch der Sender besprochen wird, findet in einem besonderen, dem Aufnahmeraum, Aufstellung. Es wird dort elastisch aufgehängt, so daß Erschütterungen keine Geräusche hervorrufen. Die Strombelastung des Mikrophons ist sehr gering.

Die beiden Umformersätze müssen Motoren erhalten, die dem jeweilig zur Verfügung stehenden Netz angepaßt sind.

Die Hochvoltdynamo gibt eine Spannung von 3000 Volt bei einem Strome von etwa 0,3 Amp. Die Felderregung dieser Maschine wird durch eine besondere Erregerdynamo bewirkt.

Die Niederspannungsmaschine, die den Heizstrom für die Senderöhre liefert, ist eine Nebenschlußdynamo, deren Spannung durch einen Regulierwiderstand eingestellt wird. Es ist besonderer Wert darauf gelegt, daß die Kommutatoren absolut einwandfrei arbeiten, so daß keine Kollektorgeräusche in die Hochfrequenzkreise übertragen werden können.

Der Unterhaltungsrundfunk

Die deutsche Stunde

Am 15. Oktober 1923 wurde der deutsche Unterhaltungsrundfunk in Berlin freigegeben. Das Reichspostministerium hat mit der „Deutschen Stunde", Gesellschaft für drahtlose Belehrung und Unterhaltung m. b. H., Berlin NW 7, Bunsenstr. 2, einen Vertrag abgeschlossen, wonach in Deutschland — ausgenommen in Bayern — ein allgemeiner Rundfunk eingerichtet werden soll. Durch diesen Vertrag sollen weitesten Kreisen des Volkes gute Unterhaltung und Belehrungsmöglichkeiten verschafft werden. Es wird daher mittels des drahtlosen Telephons allen Bevölkerungsschichten, und nicht nur den Wohlhabenden, denen die Einrichtung einer eigenen Empfangsanlage möglich ist, Gelegenheit geboten, Vorträge künstlerischen und unterhaltenden Inhalts auf drahtlosem Wege zu hören.

Die „Deutsche Stunde" wird in allen Orten, in denen das nötige Interesse vorhanden ist, öffentlich jedermann gegen Zahlung eines Eintrittsgeldes zugängliche Vorführungen mittels des drahtlosen Telephons veranstalten. Die Empfangsanlagen werden für diesen Zweck mit Verstärkern und Lautsprechern ausgerüstet, um die Vorführungen einer größeren Zuhörerschaft gleichzeitig zu Gehör zu bringen. Der von der Reichstelegraphenverwaltung für diese Zwecke in Königswusterhausen

zur Verfügung gestellte Röhrensender dürfte über ganz Deutschland[1]) reichen. Die Beschaffung der Nachrichten ist Sache der „Deutschen Stunde". Es dürfen nur solche Nachrichten verbreitet werden, die von einer durch die beteiligten Reichs- und Staatsbehörden einzurichtenden Prüfstelle zugelassen sind. Die Verbreitung politischer Nachrichten, insbesondere einer politischen Propaganda, ist nicht gestattet.

Als Empfangsapparate darf die Gesellschaft nur Gerät verwenden, das den technischen Bedingungen der Reichstelegraphenverwaltung entspricht, abgenommen (gestempelt) und mit einer Bescheinigung versehen ist. Für jede gestempelte Empfangseinrichtung ist eine einmalige Gebühr zu zahlen. Die Empfangseinrichtungen können fest eingebaut oder beweglich (vorübergehend installiert) sein und müssen stets von Angestellten oder Beauftragten der Gesellschaft bedient werden. Jede Vorführung ist der Oberpostdirektion, die für den Ort der Vorführung zuständig ist, anzumelden.

Die Übertragung der Oper durch Rundspruch
Der Aufnahmeapparat steht an der Bühnenrampe

Für jede Vorführung hat die Gesellschaft einen bestimmten Prozentsatz vom Eintrittsgeld an die Postkasse zu entrichten. Außerdem muß die Gesellschaft der Reichs-Telegraphenverwaltung für den Betrieb des Senders eine bestimmte Sendegebühr zu bezahlen.

Die Reichstelegraphenverwaltung behält sich das Recht vor, andere Unternehmungen zur Ausübung eines gleichen Betriebes für Rundfunkzwecke zuzulassen.

Die Durchführung dieses Planes stieß insofern in der ersten Zeit auf Schwierigkeiten, als die zur Verfügung stehenden Lautsprecher nicht genügten. Inzwischen ist es aber der deutschen Fachindustrie gelungen, Lautsprecher zu bauen, die für kleinere Räume billigen Anforderungen entsprechen. Allerdings ist auch bei diesen Lautsprechern die Wiedergabe der Sprache noch nicht durchaus einwandfrei, dagegen die Klangfarbe der Musikübertragung sehr gut.

[1]) Bei den Versuchen ist der Sender in Schweden, Holland und der Schweiz gut gehört worden.

Der lokale Unterhaltungsrundfunk

Viel mehr als dieſe öffentlichen Vorführungen der „Deutſchen Stunde" intereſſiert die Öffentlichkeit die Einführung des lokalen Unterhaltungsrundfunks, für den die Einrichtung privater Empfangsanlagen zur unmittelbaren Aufnahme zugelaſſen werden.

Für die Zwecke dieſes Unternehmens wird die Reichstelegraphenverwaltung in einigen Orten des Reiches, wo genügend viel Abonnenten für dieſen Dienſt vorhanden ſind, kleinere Telephonieſender mit einer Reichweite von etwa 100 km errichten und betreiben, von denen jeder die Empfangsanlage eines beſtimmten, ſeiner Reichweite angemeſſenen Gebiets verſorgen ſoll; die Wellen werden ſo gewählt, daß eine gegenſeitige Störung der einzelnen Sender nicht ſtattfinden kann. In Ausſicht genommen iſt zunächſt ein Sender für Berlin und die Mark Brandenburg, ein Sender in München für Bayern und ein Sender in Stuttgart für Süddeutſchland; weitere Sender werden nach Bedürfnis in Hamburg, Breslau, Königsberg, Dresden uſw. errichtet werden. Als Sendezeiten kommen in der erſten Zeit 4 Stunden täglich (etwa 6—10 Uhr nachmittags) in Frage.

Mit dieſer Regelung iſt man im Lande durchaus nicht einverſtanden. Man will im Reiche überall Berlin hören können. Die Beſtrebungen ſind aber an der unerklärlichen Hartnäckigkeit gewiſſer Intereſſentenkreiſe und der Poſtverwaltung zuerſt geſcheitert. Jetzt gibt aber „Der deutſche Rundfunk" in einer Mitteilung „An Alle!" bekannt, daß bis auf weiteres die Vortragsfolgen des Berliner Vorhausſenders gleichzeitig durch einen erheblich ſtärkeren Sender der Hauptfunkſtelle Königswuſterhauſen auf Welle 650 m verbreitet wird. Damit ſcheint nun endlich erreicht zu ſein, daß auch die über hundert Kilometer von Berlin entfernt wohnenden Teilnehmer die Rundfunkunterhaltung der Reichshauptſtadt zu hören bekommen. Der Berliner Rundfunk wird im ganzen Deutſchen Reiche zu hören ſein.

An die Empfänger werden beſondere techniſche Bedingungen geſtellt; insbeſondere iſt der Wellenbereich beſchränkt, aber immerhin ſo weit geſteckt, daß eine genügend große Zahl von Wellen freiſteht. Die Bedingungen ſind folgende:

1. Es können Detektor- und Audionempfänger mit folgendem Wellenbereich verwandt werden:
   a) Wellenbereich von 250 bis 500 m mit einer Selektivität, die einem normalen Primärempfänger entſpricht;
   b) der Wellenbereich kann bis 700 m erhöht werden, wenn wenigſtens im Bereich von 500 bis 700 m die Selektivität der eines normalen Sekundärempfängers entſpricht.
2. Bei den mit Audion ausgerüſteten Empfängern muß ſichergeſtellt ſein, daß ſie auch bei erhöhter Anoden- oder Heizſpannung nicht ſchwingen.

3. Es muß sichergestellt sein, daß durch Hinzunahme von weiteren Abstimmitteln, ohne daß der Empfänger geöffnet wird, keine Änderung des Wellenbereichs eintritt.
4. Der Empfänger muß plombierbar sein.

Jede deutsche Firma ist befugt, die für den Unterhaltungsrundfunk zugelassenen Geräte herzustellen oder zu vertreiben in der Voraussetzung, daß sie die von der Reichstelegraphenverwaltung erlassenen Bedingungen anerkennt. Insbesondere hat jede Firma als Zuschuß zu den der Reichstelegraphenverwaltung durch die Bereitstellung der Sendeanlagen entstehenden Kosten einen einmaligen Beitrag von 2500 M. (vervielfältigt mit der am Tage der Zahlung gültigen Verhältniszahl für die Berechnung der Telegrammgebühren im Verkehr nach dem Auslande) zu zahlen. Natürlich müssen die in Betracht kommenden Lieferfirmen in der Lage sein, brauchbare Empfänger und Hilfsapparate nach dem neuesten Stande der Technik ordnungsmäßig zu liefern, ferner im deutschen Firmenregister eingetragen sein und ihr Inhaber und Leiter die deutsche Reichsangehörigkeit besitzen.

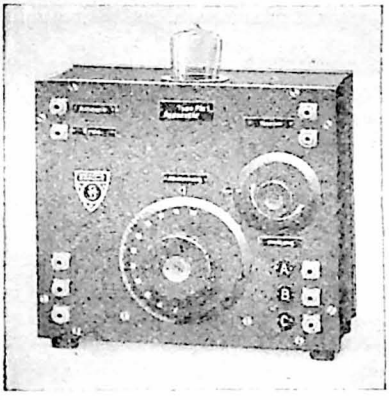
Es dürfen nur solche Empfangsgeräte und Einzelteile vertrieben werden, die den von der Reichs-Telegraphenverwaltung genehmigten Mustern entsprechen und die im eigenen Betriebe der Firma hergestellt sind. Jeder fertig zusammengestellte Rundfunkempfänger muß, bevor er die Fabrikationswerkstätte verläßt, von einem Beauftragten der Reichs-Telegraphenverwaltung auf seine Zuverlässigkeit geprüft, zum Zeichen der Zulassung mit dem Stempel der Reichs-Telegraphenverwaltung versehen und, soweit möglich, von dieser plombiert worden sein.

Die Rundfunkempfänger müssen ferner mit einer Typenbezeichnung der herstellenden Firma und an der Vorderseite nach Anweisung der Reichs-Telegraphenverwaltung von den Herstellern mit einer fortlaufenden Nummer versehen werden. Sämtliche den Inhaber einer Rundfunkempfangsanlage zugänglichen und alle auswechselbaren Teile der Anlage müssen gleichfalls mit dem Stempel der Reichs-Telegraphenverwaltung versehen sein. Die Abgabe von Rundfunkempfängern und Ersatzteilen ohne den Stempel der Reichs-Telegraphenverwaltung sowie von Empfängern ohne fortlaufende Nummer ist verboten. Dies Verbot gilt auch für die Abgabe solchen Geräts an Zwischenhändler. Ferner ist die Abgabe von Einzelteilen zur Selbstanfertigung von Empfangsgerät verboten.

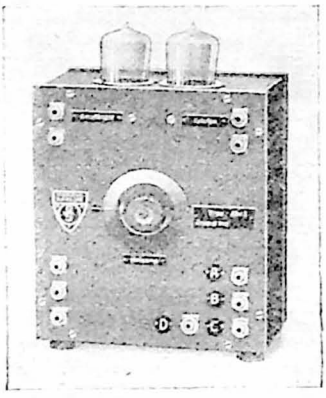
Für die Prüfung und Stempelung der Rundfunkempfänger und der Ersatzteile hat die Lieferfirma Gebühren an die Reichs-Telegraphenverwaltung zu entrichten, deren Höhe sich nach der Ausführungsart richtet und je nach Gerät 1 bis 7 Mk. Grundwert beträgt.

Durch die Prüfung und Stempelung der Rundfunkempfänger und Ersatzteile übernimmt die Reichs-Telegraphenverwaltung keinerlei Gewähr für die Güte ihrer Ausführung, ebensowenig dafür, daß bei der Herstellung der Empfänger und der Ersatzteile nicht etwa Patent-

verletzungen begangen sind. Die Reichs-Telegraphenverwaltung lehnt grundsätzlich jede Beteiligung an der Patentfrage ab. Für alle aus etwa vorgekommnen Patentverletzungen sich ergebenden Folgen einschließlich derjenigen für den Inhaber einer solchen Rundfunkempfangsanlage hat ausschließlich und in vollem Umfange die betreffende Lieferfirma und alle andern nach den patentrechtlichen Bestimmungen haftenden Stellen einzustehen. Diese hat auch alle in derartigem Zusammenhange etwa an die Reichs-Telegraphenverwaltung gestellten Ansprüche zu vertreten.



Einrohr-Rundfunk-Empfänger



Zweirohr-Verstärker z. Rundfunk-Empfänger der Siemens & Halske A.-G.

Die vom Reichspostministerium zur Herstellung von Empfangsgerät zugelassnen Firmen haben zunächst je ein Probestück der von ihnen zu bauenden Empfangsgeräte an das Telegraphentechnische Reichsamt, Berlin C 2, Neue Friedrichstraße 38/40, zur Prüfung einzusenden. Das Telegraphentechnische Reichsamt gibt alsdann der in Betracht kommenden Oberpostdirektion am Sitze der Lieferfirma Kenntnis, welches Empfangsgerät für Rundfunkverkehr zugelassen ist; die Oberpostdirektion veranlaßt darauf auf Grund des Probestücks die Prüfung und Stempelung der Geräte in der Fabrikationswerkstätte. Der Abnahmebeamte führt über die Zahl und Art der zum Verkauf freigestellten Geräte eine Nachweisung, die von der Firma anzuerkennen ist und auf Grund deren die Oberpostdirektion die von der Firma zu zahlenden Gebühren monatlich festzustellen und einzuziehen hat.

Bedingungen für die Errichtung privater Empfangsanlagen

Die von den Postämtern zu erteilende Genehmigung ist an folgende Bedingungen geknüpft.

Die Benutzung und der Betrieb drahtloser Empfangsanlagen in Deutschland ist alleiniges Recht der Reichs-Telegraphenverwaltung (RTV) und daher für jeden anderen verboten. Für den besonderen Zweck des Rundfunks wird jedoch der Betrieb einer Empfangsanlage unter den nachstehenden Bedingungen gestattet:

1. Die Übertragung der Genehmigung an einen Dritten ist unzulässig.
2. Für den Rundfunkempfang dürfen nur Gerät und Ersatzteile einschließlich Röhren verwendet werden, die mit dem Stempel der RTV nach nebenstehendem Muster versehen sind.

   3 7 23*)
   RTV
   *Tag der Stemplung

   Die vorliegende Urkunde ist nur gültig für den Empfangsapparat, der an der Vorderseite die gleiche Nummer wie die Urkunde selbst trägt.
3. Änderungen am Gerät und seinem Zubehör, Lösung etwaiger Bleiverschlüsse, Zuschaltung irgendwelcher Teile, die geeignet sind, die Einstellung der Empfangswelle zu ändern, sind verboten.
4. Durch die Rundfunkempfangsanlage dürfen die öffentlichen Telegraphen- und Fernsprechanlagen nicht gestört werden.
5. Die für den Empfänger zu errichtende Antenne darf höchstens 50 m lang sein.
6. Der Rundfunkempfänger soll nur benutzt werden zur Aufnahme der allgemeinen Nachrichten, die durch die von der RTV bezeichneten Funksendeanlagen ausgesandt werden. Eine Gewähr für die Belieferung der Rundfunkempfänger mit Nachrichten übernimmt die RTV nicht.

   Die Aufnahme von Nachrichten anderer Funkstellen ist nicht gestattet. Mitgehörter fremder Funkverkehr darf weder niedergeschrieben noch mitgeteilt oder irgendwie verwertet werden.

   Der Inhaber der Urkunde hat seine Empfangsanlage bei Benutzung daraufhin zu überwachen und ihre Benutzung durch Unbefugte zu verhindern.
7. Beauftragte der RTV haben das Recht, zur Prüfung die Räume und Grundstücksteile, in denen der Rundfunkempfänger und sein Zubehör sich befinden, zu betreten.
8. Wird die Genehmigungsurkunde nicht erneuert, so ist die Empfangsanlage zu beseitigen; die abgelaufene Urkunde ist dem Verkehrsamt, das sie ausgestellt hat, zurückzugeben.

   Die Weiterbenutzung ohne gültige Genehmigungsurkunde ist strafbar (Tel.-Ges. vom 6. April 1892 mit Abänderungsgesetz vom 7. März 1908).
9. Zuwiderhandlungen gegen die Bedingungen haben Entziehung der Genehmigung zur Folge. Die entrichtete Gebühr wird in diesem Falle nicht zurückgezahlt.

   Die Benutzung der Rundfunkanlagen kann allgemein von der RTV eingeschränkt werden.

   Auf das anschließende Merkblatt wird besonders hingewiesen.

Merkblatt

für die Genehmigung von Rundfunkempfangsanlagen

(Dieses Merkblatt gilt als Teil der von der Reichs-Telegraphenverwaltung (RTV) für die Benutzung und für den Betrieb drahtloser Empfangsanlagen aufgestellten Bedingungen.)

a) Der Antragsteller muß deutscher Reichsangehöriger sein. Ausnahmsweise können auch Angehörige solcher Länder zugelassen werden, die in der Zulassung zu ähnlichen Einrichtungen Gegenseitigkeit üben. Der Antragsteller muß ferner dem Verkehrsamt zuverlässig bekannt sein, andernfalls hat er sich über seine Person auszuweisen.

Die Genehmigung wird verſagt, wenn begründeter Verdacht beſteht, daß mit der Anlage Mißbrauch getrieben werden ſoll.

b) Genehmigungsurkunden für Minderjährige oder andere nicht vollgeſchäftsfähige Perſonen werden nicht ausgeſtellt.

c) Die Genehmigungsurkunde wird erſt nach Zahlung der feſtgeſetzten Genehmigungsgebühr ausgehändigt.

d) Die Genehmigungsurkunde hat eine Gültigkeitsdauer von einem Jahr, jedoch mit der Maßgabe, daß die Gültigkeitsdauer bei Genehmigungen, die im Laufe eines Vierteljahres erteilt werden, von Beginn dieſes Vierteljahrs an läuft. Die Genehmigung erliſcht alſo, wenn die Genehmigungsurkunde ausgeſtellt iſt in der Zeit

vom 1. 1. bis 31. 3., am 31. 12. desſelben Jahres,
„ 1. 4. „ 30. 6., „ 31. 3. des folgenden Jahres,
„ 1. 7. „ 30. 9., „ 30. 6. „ „ „
„ 1. 10. „ 31. 12., „ 30. 9. „ „ „

Die Genehmigungsurkunden über Erneuerung erloſchener Genehmigungen werden durchgängig auf ein Jahr, und zwar vom Beginn eines Vierteljahrs an gerechnet, ausgeſtellt. Bei jeder Erneuerung der Genehmigung wird eine neue Genehmigungsurkunde ausgeſtellt.

e) Die Aufſtellung der für Rundfunkempfänger zu errichtenden Antennen und die Einholung der hierzu erforderlichen Zuſtimmung der Grundſtücks- oder Gebäudeeigentümer oder der an der überkreuzten oder benutzten Fläche ſonſt Beteiligten iſt ausſchließlich Sache des Inhabers einer Genehmigungsurkunde.

f) Die Antennen ſind, wenn durch ſie die vorhandenen öffentlichen Telegraphen- oder Fernſprechanlagen geſtört werden oder der weitere Ausbau dieſer Anlagen behindert wird, auf Verlangen der RTV auf Koſten der Inhaber der Genehmigungsurkunde zu verlegen.

g) Durch die Erteilung der Genehmigung zur Errichtung und zum Betriebe eines Rundfunkempfängers übernimmt die RTV keinerlei Gewähr für Belieferung mit Nachrichten oder für das gute Arbeiten des Dienſtes.

h) Durch die Stempelung der von der RTV für den Rundfunkempfang zugelaſſenen Geräte und Erſatzteile wird die Frage, ob bei der Herſtellung dieſer Geräte und Erſatzteile von der Lieferfirma irgendwelche ihr nicht gehörende Patente verletzt worden ſind, in keiner Weiſe berührt. Der Inhaber einer Rundfunkempfangsanlage hat ſich wegen aller aus etwa vorgekommenen Patentverletzungen für ihn ſich ergebenden Folgen ausſchließlich an die Lieferfirma zu halten.

Die Abgabe von Rundfunkempfängern und Erſatzteilen iſt nur zuläſſig an Perſonen uſw., denen die Reichs-Telegraphenverwaltung die Genehmigung erteilt hat, und die ſich darüber durch Vorzeigung der auf ihren Namen und ihre Wohnung lautenden Genehmigungsurkunde ausweiſen. Bei Lieferung eines Rundfunkempfängers hat die abgebende Firma die an der Vorderſeite des eigentlichen Empfangsapparates angegebene Nummer in die Genehmigungsurkunde an der dafür vorgeſehenen Stelle unverwiſchbar einzutragen. Auf Grund der Genehmigungsurkunden, bei denen bereits eine Nummer eingetragen iſt, dürfen nur Erſatzteile für auswechſelbare Zubehörſtücke abgegeben werden.

Die Reichs-Telegraphenverwaltung übernimmt durch die Ausſtellung der Genehmigung für Rundfunkempfänger keinerlei Gewähr für die Belieferung der Anlagen mit Nachrichten.

An Zwiſchenhändler dürfen ebenfalls nur Rundfunkempfänger abgegeben werden, die den Bedingungen entſprechen. Außerdem darf die Abgabe nur an ſolche Zwiſchenhändler erfolgen, die im Beſitze einer von der Reichs-Telegraphenverwaltung ausgeſtellten Beſcheinigung ſind, daß ſie zum Vertrieb von ſolchem Gerät zugelaſſen ſind.

Eine Übertragung der Zulaſſung an Dritte iſt ohne Genehmigung der Reichs-Telegraphenverwaltung unzuläſſig.

Während beim Wirtſchaftsrundſpruchdienſt die Reichs-Telegraphenverwaltung die Anlage einſchließlich Antenne ſelbſt einrichtet — dieſe Anlage bleibt wie ein Fernſprechanſchluß Eigentum der Reichs-Telegraphenverwaltung — muß der Teilnehmer am Unterhaltungsrundfunk die von ihm gekaufte Anlage ſich ſelbſt errichten oder errichten laſſen.

Das Oſophon

Auch bei der Radiotelephonie ſind die Schwerhörigen und Tauben wie ſo oft die Enterbten, die von allen Genüſſen ausgeſchloſſen ſind. Dem will ein neuer Apparat ein Ende machen, denn der Chefredakteur H. Gernback der amerikaniſchen Radiozeitſchriften „Radio News“ und „Science and Invention“ erfunden hat. Dieſer ſoll Schwerhörigen und Tauben Schallſchwingungen bemerkbar machen, ähnlich wie das Optophon Blinden das Leſen einer Zeitung geſtattet.

Das Oſophon beruht darauf, die von fern zugeleitete Schallenergie auf die Zähne zu übertragen. Zu dem Zweck iſt an einem Handgriff ein Elektromagnet angebracht, der an zwei Polplatten zwei Hartgummiblocks trägt, die man bequem zwiſchen die Zähne ſtecken kann. Der Elektromagnet wird durch ein Mikrophon und eine Batterie erregt und überträgt durch die Hartgummipole die Schwingungen auf die Zähne und von da auf das Nervenſyſtem des Kopfes, das bei Tauben meiſt ſehr fein ausgebildet iſt. Der Widerſtand des Oſophons beträgt $5^1/_2$ Ohm; die Batterie hat eine Spannung von 6 Volt. Der Taube oder Schwerhörige muß natürlich den Gebrauch des Apparats erſt ebenſo erlernen wie der Blinde das Hören bei Fournier d' Albes Optophon. — Falls die ſich an den Apparat geknüpften Hoffnungen erfüllen, wäre er ein Segen für einen Teil der leidenden Menſchheit. Taube und Schwerhörige würden dann auch an dem Unterhaltungsrundfunk, wie an allem Geſprochenen teilnehmen können.

Das Zeitsignal im Rundfunk

Die großen Radiostationen im In- und Auslande haben seit langem das sogenannte „Zeitsignal" eingeführt, d. h. es wurde von den einzelnen Stationen aus, für die ganze Welt gedacht, ein Zeitsignal durchgegeben, das die absolut richtige Mittagszeit, ein Uhr, verkündete. Da es naturgemäß nicht möglich war, dieses Signal auf einfachen Apparaten abzuhören, so hat sich die „Deutsche Stunde" in Berlin jetzt ins Mittel gelegt und gibt ihrerseits ihren angeschlossenen Teilnehmern dieses Mittagssignal. Technisch verläuft die Sache etwa so, daß das Signal von der Großstation Rauen aufgefangen und über die Antenne im Vox-Hause an die Zuhörer weitergeleitet wird.

Ausländische Rundfunksender und Sendezeiten

Die nachstehende Übersicht gibt eine Zusammenstellung derjenigen Rundfunksender, die von deutschen Rundfunkteilnehmern bei Verwendung genügend hoher Antennen und leistungfähiger Empfänger (genügend starke Verstärker) mit gutem Erfolg gehört werden können.

Sendezeit M. E. Z.	Funkstelle	Rufzeichen	Welle in m	Inhalt
11.30—12.30	Newcastle	5 no	400	Konzert
	London	2 lo	369	Konzert
	Manchester	2 zy	385	Konzert
	Birmingham	5 it	425	Konzert
	Cardiff	5 wa	353	Konzert
	Glasgow	5 se	415	Konzert
12.30—13.30	London	2 lo	369	Tagesneuigkeiten
17.30—23	Manchester	2 zy	385	Erzählungen für Kinder
	London	2 lo	369	Vortrag, Konzert, Opern
	Cardiff	5 wa	353	Sonntags nur von
	Glasgow	5 se	415	20.30 bis 22.30
	Birmingham	5 it	420	
	Newcastle	5 no	400	

Telegraphierregeln

Ruft eine Station eine andre an, so gibt sie dreimal das Zeichen — · — · — Auf den Anruf folgt dreimal das Rufzeichen der gewünschten Station, dann der Buchstabe · · · — (= von) und nunmehr dreimal das Rufzeichen der rufenden Station. Sobald die gerufne Station das Rufzeichen vernimmt, antwortet sie in derselben Weise, gefolgt von den Buchstaben — · — (= kommen), das die rufende Station auffordert, mit dem Senden zu beginnen. Jedes übermittelte Telegramm beginnt in gleicher Weise mit dem Rufzeichen der Sendestation, dem Buchstaben · · · — und dem Rufzeichen der Empfangsstation, gefolgt von der Wortzahl und dem Datum, darauf folgt ein Trennungsstrich, dann die Adresse, wieder ein Trennungsstrich, der eigentliche Text, wieder ein Trennungsstrich, die Unterschrift und schließlich das Schlußzeichen · — · — ·, auf das sogleich die nächste Depesche folgt.

„An Alle" gerichtete Mitteilungen, z. B. Wettertelegramme und Rundfunknachrichten werden ohne Adresse und Unterschrift gegeben.

Hat sich der Telegraphist beim Geben geirrt so gibt er, um seinen Fehler zu berichtigen, eine längere Reihe Punkte (· · · · · · ·), wiederholt das letzte richtige Wort und fährt von dort aus mit dem richtigen Text fort.

Im Text vorkommende Zahlen werden oft am Schlusse des Telegramms zu Vergleichszwecken wiederholt.

Bei stärkerem Telegrammverkehr folgen gewöhnlich 5 bis 10 Telegramme aufeinander, dann das Schlußzeichen (· · · — · —) und der Empfänger bestätigt den richtigen Empfang oft unter Wiederholung der Zahlen oder schlecht verstandener Wörter, nötigenfalls nach entsprechender Rücksprache. Ist alles in Ordnung, so folgt das Zeichen · — · · — · · — · (drei r) und sogleich die Buchstaben · · — · — (ft = fertig), wenn die Empfangsstation auch Telegramme abzugeben hat. Der frühere Sender antwortet — · — (k = kommen), worauf der frühere Empfänger wie vorhin geschildert zu senden beginnt.

International verwendete Codewörter, aus 3 Buchstaben bestehend, alle mit q beginnend, benutzt man folgender Weise:

Frage:		Antwort:	
qra?	= wie heißt Ihre Station?	qra	= meine Station heißt . . . .
qrh?	= welche Wellenlänge senden Sie?	qrh	= ich habe Wellenlänge . . . .
qrq?	= soll ich schneller geben?	qrq	= geben sie schneller.

Abhören und Niederschrift von an bestimmte Adressen gerichteten Telegrammen ist allgemein verboten.

Die Morseschrift

a ·—	f ··—·	n —·	t —
à ·—·—	g ——·	ñ ——·——	u ··—
b —···	h ····	o ———	ü ··——
c —·—·	i ··	ö ———·	v ···—
ch ————	j ·———	p ·——·	w ·——
d —··	k —·—	q ——·—	x —··—
e ·	l ·—··	r ·—·	y —·——
é ··—··	m ——	s ···	z ——··

1 ·————	6 —····
2 ··———	7 ——···
3 ···——	8 ———··
4 ····—	9 ————·
5 ·····	0 —————

Punkt ·····	Apostroph ———·
Komma ·—·—·—	Ausrufzeichen ——··——
Trennung —···—	Bruchstrich ———·—
Bindestrich —····—	Anführungsstrich ·—··—·
Fragezeichen ··——··	Klammer —·——·—
Semikolon —·—·—·	Unterstreichung ··——·—
Doppelpunkt ———···	

Umrechnung von Arbeitseinheiten

Das Produkt N·t (Wattstunden bezw. Kilowattstunden) stellt die elektrische Arbeit dar, die mechanisch in kgm, wärmetechnisch in Kalorien ausgedrückt wird.

	kW-sek	kW-Std	PS-sek	PS-Std	kg-Kal	kgm
1 kW-sek . .	1	0,000278	1,36	0,000378	0,24	102
1 kW-Std . .	3600	1	4900	1,36	859	367000
1 PS-sek . . .	0,736	0,000204	1	0,000278	0,176	75
1 PS-Std . . .	2640	0,736	3600	1	635	270000
1 kg-Kal . . .	4,19	0,00116	5,66	0,00158	1	427
1 kgm	0,0098	0,00000272	0,0133	0,0000037	0,00235	1

Die wärmetechnische Einheit der kg-Kalorie bedeutet hierbei die Wärmemenge, die nötig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1 °C zu erhöhen. 1 kgm ist die Arbeit, die geleistet ist, wenn 1 kg 1 m hoch gehoben ist.

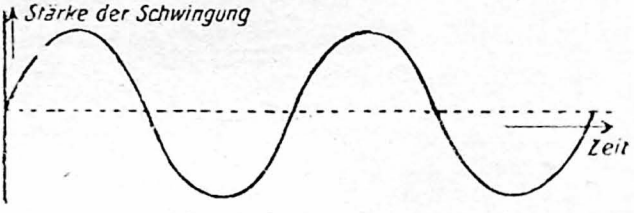
Die Schmelzwärme, d. i. die Wärmearbeit, die dem Eis zugeführt werden muß, um 1 kg Eis von 1 °C in Wasser von 0 °C zu verwandeln, beträgt 79,8 Kalorien = 333 kW-sek = 3390 kgm.

Die Verdampfungswärme, d. h. die Wärmearbeit, die dem Wasser zugeführt werden muß, um 1 kg Wasser von 100 °C in Dampf von 100 °C zu verwandeln, beträgt 535,9 Kalorien = 0,627 kW-Std = 227800 kgm.

Drahtlose Telephonie

Hoffnungen und Aussichten

Als Marconi seine ersten Erfolge mit der drahtlosen Telegraphie feierte, prophezeite der englische Physiker Professor Ayrton der neuen Technik einen glänzenden Erfolg. Prophetisch sprach er die Worte: „Einst wird kommen der Tag, wenn wir alle vergessen sind, wenn Kupferdrähte, Guttaperchahüllen und Eisenband nur noch im Museum ruhen. Dann wird das Menschenkind, das mit dem Freunde zu sprechen wünscht und nicht weiß, wo er sich befindet, mit elektrischer Stimme rufen, die nur jener hört, der das gleichgestimmte elektrische Ohr besitzt. Er wird rufen: „Wo bist du?" — und die Antwort wird in sein Ohr klingen: Ich bin in der Tiefe des Bergwerks, —



Die Schwingung einer Saite

auf dem Gipfel der Anden —, oder auf dem weiten Ozean. — oder vielleicht wird keine Stimme antworten, und er weiß dann, sein Freund ist tot."

Wir sind ja an vieles gewöhnt, aber ganz haben sich die Ayrtonschen Weissagungen noch nicht erfüllt. Zwar sind wir imstande, drahtlos über die ganze Erde hinweg zu telegraphieren, und über die Gipfel der Anden und das ungeheure Massiv des Himalaya, aber drahtlos zu telephonieren ist nur in beschränktem Maße möglich. Die Fachleute allerdings wußten, daß gegen Ayrtons Phantasie nichts einzuwenden sei, und daß es nur eine Frage der Zeit sei, sie zu verwirklichen, aber in dem ganzen Umfange wird das wohl niemals der Fall sein. Man wird vielleicht nicht im Bergwerk und nicht unter Wasser telephonieren können, aber sonst überall und sicher über die ganze Erde hinweg, ebenso wie wir jetzt drahtlos telegraphieren.

Die Vorteile des „Drahtlosen"

Daß das drahtlose Telephonieren und Telegraphieren gegen das Arbeiten mit Draht erhebliche Vorteile hat, ist bekannt. Zwar nicht immer und in jedem Falle, aber doch in sehr vielen. Die Zukunft der

Entwicklung wird voraussichtlich so verlaufen, daß dem Arbeiten mit Draht und ohne Draht je gewisse Vorteile vorbehalten sein werden, und daß man beides nebeneinander verwenden wird.

Daß die drahtlose Telegraphie der drahtlosen Telephonie soweit voraus war, lag an der grundsätzlichen technischen Entwicklung. Die drahtlose Telegraphie benutzte in ihren ersten Entwicklungsperioden das gedämpfte System, das ungedämpfte spielte eine untergeordnete Rolle; zum Telephonieren aber ist das gedämpfte System unbrauchbar. An die Entwicklung der drahtlosen Telephonie konnte man daher erst denken, als das ungedämpfte System soweit vorbereitet war, daß seine praktische Brauchbarkeit mit dem gedämpften System wetteifern konnte oder sie übertraf. Dieses Stadium ist durch die schnelle Entwicklung der drahtlosen Technik im Kriege herbeigeführt worden und wir haben die Einführung der drahtlosen Telephonie in der Öffentlichkeit erlebt.

Die Geheimhaltung der drahtlosen Nachrichten

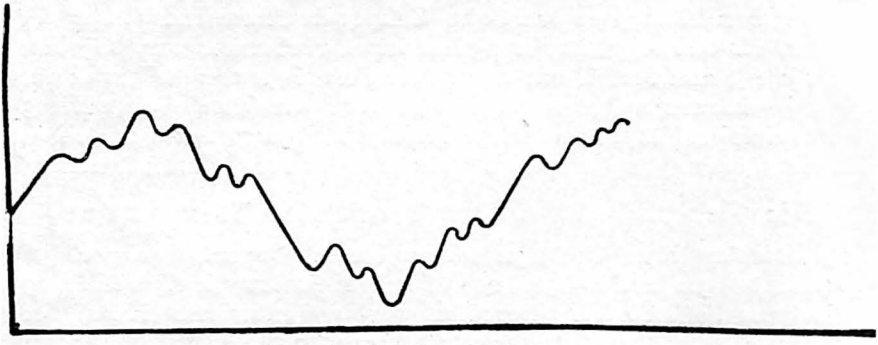
Die Art ohne Draht zu telegraphieren oder telephonieren, hat überall da große Vorzüge, wo zahlreiche Stellen dieselbe Meldung aufnehmen sollen. Die Übermittlung von Parlamentsberichten, der Nachrichtendienst, der Uhrendienst und vieles andre mehr belasten die Telegraphenleitungen außerordentlich, dennoch werden alle dieselben Nachrichten allen Empfängern gesondert übermittelt. Bei der Benutzung der drahtlosen Technik fällt das alles weg. Es macht aber dem Laien immer viel Schwierigkeiten einzusehen, wie man auch drahtlos individuelle Nachrichten übermitteln kann, ohne daß sie von Unbefugten aufgenommen werden. Bedingt schon die Apparatur der Stationen, daß eine unbefugte Aufnahme von Nachrichten im allgemeinen nicht leicht möglich ist, so bietet noch die Möglichkeit, mit verschiednen Wellenlängen zu arbeiten, Gelegenheit, zahlreiche Gespräche gleichzeitig und nebeneinander zu führen, ohne daß sie unbefugt aufgenommen werden oder was ebenso wichtig ist, die andern stören. Zudem bietet die Chiffrierung jederzeit die Möglichkeit, geheime Nachrichten zu übermitteln. Erleichtert wird das durch die Konstruktion von jedermann leicht zu handhabender Kodifizierungsmaschinen, die die Kryptogramme, d. s. die geheimschriftlichen Telegramme, leicht zu schreiben und zu dechiffrieren gestatten.

Wie das Telephon „geht“

Bei der Telephonie wird ja die Sprache übertragen, indem sie in elektrische Schwingungen umgesetzt wird, die auf der andern Seite, im Aufnahmeapparat, wieder in akustische Schwingungen, und zwar dieselben wie im Geber, zurückverwandelt werden.

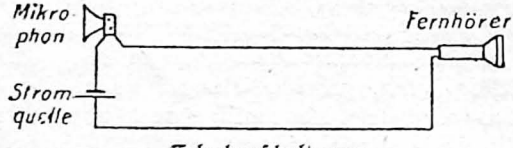
Eine Tonempfindung kommt ja dadurch zustande, daß das Trommelfell des Ohrs durch Erschütterungen der umgebenden Luft beeinflußt wird. Um einen Ton wahrnehmen zu können, ist es notwendig, daß

dieſe Erſchütterungen rhythmiſch erfolgen, daß alſo die Luft durch irgend einen Vorgang periodiſch angeſtoßen wird. Der Verlauf ſolcher Stöße kann, wie die elektriſchen Schwingungen, durch eine Wellenlinie dargeſtellt werden, wobei die Wellenhöhe die Stärke der Schwingung und damit des Tones bedeutet und die Zeitdauer des Auf- und Abſchwellens die Wellenlänge. Je größer die Wellenlänge, deſto langſamer erfolgt die Schwingung, deſto tiefer iſt der empfundne Ton, je kürzer, deſto höher. Das iſt uns ja aus unſern elektriſchen Betrach-



Charakter der Sprachſchwingungen

tungen her bekannt. Der Charakter eines Tons wird nun dadurch bedingt, daß die Erſchütterung nicht ſo einfach erfolgt, wie ſie unſer Bild (S. 248) darſtellt, ſondern daß ſich mehrere Schwingungen überlagern, ſo daß die Erſchütterungen komplizierter ſind, indem z. B. Schwingungen verſchiedner Art auftreten, die dann den Klangcharakter beſtimmen. Der Sprache liegen deshalb Schwingungen zugrunde, die den Charakter des obigen Bildes haben, und die je nach dem Organ des Sprechenden ſehr verſchieden ſein können. Das Mikrophon iſt nun imſtande, dieſen Charakter aufzunehmen, und das Telephon, ſie wieder zu reproduzieren. Bis zu welchem Grade der Vollkommenheit das möglich iſt, weiß jeder aus ſeiner Erfahrung beim Telephonieren. Die Übertragung geſchieht durch elektriſche Ströme, die von galvaniſchen Elementen geliefert werden. Die Schaltung ſieht dabei ſo aus, wie unſer nebenſtehendes Bild zeigt.

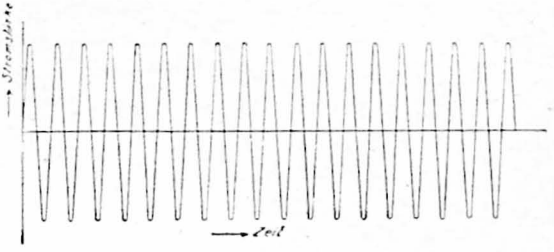


Telephonſchaltung

Wie das drahtloſe Telephon „geht“

Bei der drahtloſen Telephonie iſt nun dieſe Mechanik nicht anwendbar, weil ja eben die Leitung fehlt. Das Übertragungsmittel ſind elektriſche Schwingungen hoher Wechſelzahl, die in der Nähe von Drähten auf den Weltäther übertragen werden, wenn in dieſen

Wechſelſtröme hoher Frequenz pulſieren. Der Charakter dieſer Schwingungen iſt ſo, wie unſer 1. Bild zeigt, nur die Zeitfolge iſt ſehr viel kürzer, ſo daß die Wellen ungeheuer ſchnell aufeinander folgen und etwa ſo ausſehen, wie unſer beiſtehendes Bild. Bei gedämpften Schwingungen klingen dieſe Wellen nach den Stromimpulſen ab, ſo daß während einer gewiſſen Pauſe bis zum Einſetzen der nächſten Schwingung gar keine elektromagnetiſche Welle vorhanden iſt. Das Bild davon ſieht dann ſo aus, wie unſre untenſtehende Abbildung. Dieſe zeigt ohne weitres einleuchtend, daß ſolche abgeriſſnen Schwingungsfolgen nicht geeignet ſind, die menſchliche Sprache, deren Charakter durch unſer Bild auf S. 250 dargeſtellt wurde, zu übertragen. Wohl aber gelingt das auf Grund der ungedämpften Schwingungen, denn dieſen kann durch das Mikrophon der Charakter der menſchlichen Sprache aufgedrückt werden, ſo daß die Pulſation im Rhythmus der Sprachſchwingungen erfolgen kann (Bild S. 252).

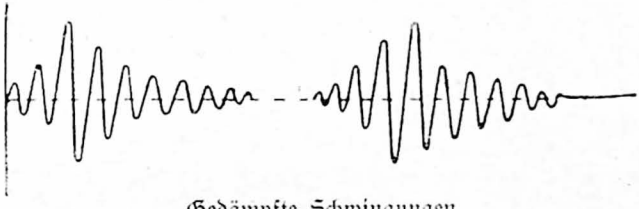


Ungedämpfte elektriſche Schwingungen

Tatſächlich arbeitet die drahtloſe Telephonie nach dieſem Syſtem.

Warum die drahtloſe Telephonie praktiſch bedeutungslos war

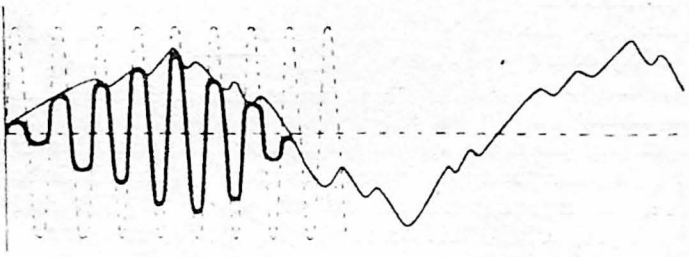
Nachdem Poulſen ſeine Methode erfunden hatte, mit Hilfe des elektriſchen Lichtbogens ungedämpfte elektriſche Schwingungen zu erzeugen, war die drahtloſe Telephonie theoretiſch erfunden. Trotzdem hat ſie praktiſch ſehr lange eine ſehr beſcheidne Rolle geſpielt. Auch die Erfindung der Hochfrequenzmaſchinen vermochte nicht, die drahtloſe Telephonie aus ihrem Schlummer zu erlöſen. Mit der Telefunken-Hochfrequenzmaſchine hat man zwar Sprache und Muſik auf über 1000 km weit übertragen, aber es war kein Bedürfnis vorhanden, dem die drahtloſe Telephonie genügen ſollte. Drahtloſe Telegraphie war ehedem faſt ausſchließlich noch eine militäriſche Angelegenheit, und da man in dieſem Gebiet in erſter Linie auf Geheimhaltungsmöglich-



Gedämpfte Schwingungen

keit Wert legte und legen mußte, und da ferner der Krieg dazwiſchen kam, der den radiotelegraphiſchen Betrieb dem Heere vorbehielt, ſo war die Möglichkeit der drahtloſen Telephonie praktiſch ausgeſchloſſen.

So lange ſie übrigens nur auf den Poulſen-Sender angewieſen war, blieb ſie außerhalb des Bereichs praktiſcher Verbreitung. Denn der Poulſen-Generator erfordert andauernd ſorgſame Bedienung durch ſehr geſchultes Perſonal, ſo daß die für große Verbreitung erforderliche Bedienungseinfachheit fehlte. Das Publikum konnte ſich ſolcher Anlagen nicht bedienen. Ein weiterer erſchwerender Umſtand war, daß bei großen Reichweiten die begrenzte Belaſtungsfähigkeit des Mikrophons durch Energie Schwierigkeiten bereitete. Das Gegenſprechen, wie wirs aus unſrer Drahttelephonie gewohnt ſind, alſo Hin- und Herſprechen ohne Umſtände, bedeutet gleichzeitiges Senden und Empfangen. Auch das war bei Poulſens-Anordnungen durch die auf die Empfangsanlage



Einer ungedämpften Welle aufgedrückter Sprachcharakter

einwirkenden eignen Sendergeräuſche ſehr erſchwert. Schließlich fehlte auch noch ein zuverläſſiger Anruf.

Das Bedürfnis nach drahtloſer und die Notwendigkeit der „drahtloſen Drahttelephonie“

Das alles war der drahtloſen Telephonie überaus hinderlich. Und wäre durch die neuere drahtloſe Entwicklung mit dieſen Hemmniſſen nicht gründlich aufgeräumt worden, dann würde die drahtloſe Telephonie noch heut ganz unbeachtet geblieben ſein. In erſter Linie iſt durch die Beendigung des Kriegszuſtandes die Bahn auch für die private Anwendungsmöglichkeit wieder frei. Die Geheimhaltung ſpielt keine ſo große Rolle mehr, ja es ſchien ſogar die Möglichkeit gegeben, die ſchwierige Lage der Drahttelephonie zu beſſern. Die Reichspoſtverwaltung ſchenkte, durch einen weitblickenden techniſchen Leiter als Staatsſekretär, der ſelbſt aus der drahtloſen Telegraphie hervorgegangen war, weſentlich aufgebeſſert, der drahtloſen Telephonie weitgehende Beachtung. Es iſt daher kein Wunder, daß nunmehr auch der techniſche Fortſchritt einſetzte. Der Krieg hatte die Einführung der Kathodenſtrahlröhre gefördert, da die militäriſchen Erforderniſſe das ungedämpfte Syſtem begünſtigten, und dieſer moderne Apparat hat die

drahtloſe Telephonie eigentlich erſt ſo recht lebensfähig gemacht. Die Kathodenröhre erzeugt Schwingungen von einer Gleichmäßigkeit, die völlig ideal zu nennen iſt. Das ergibt bei der Benutzung der Telephonie eine Sprachreinheit, wie ſie bei der Drahttelephonie unbekannt iſt, weil die die Sprache verzerrenden Eigenſchaften der Drahtleitung wegfallen. Die Röhre erfordert keinerlei Wartung und man kann die Röhrentelephonie ſo einfach geſtalten wie die Drahttelephonie. Schließlich bietet die Röhre die Möglichkeit, jede beliebige Wellenlänge zu benutzen und bei faſt beliebigen Reichweiten mittlere und kleine Energien anwenden zu können. Auch die Belaſtungsfähigkeit des Mikrophons ſpielt gar keine Rolle mehr, weil man das Mikrophon in den ſtets nur ſehr ſchwach belaſteten Gitterkreis legen kann.

Auf der Empfängerſeite iſt die Anwendung der Kathodenſtrahlröhre als Audion jeder Möglichkeit und Forderung gewachſen, und ſchließlich iſt auch die Frage eines betriebsſichern Anrufs gelöſt. Die verſchiednen Wellen, als Träger für Geſpräche, laſſen ſich durch Reſonanzabſtimmungen im Empfänger trennen; es kann daher gleichzeitig eine ganze Reihe von Geſprächen geführt, freilich auch von jedermann abgehört werden.

Das Mikrophon und die Sprachreinheit der Hochfrequenztelephonie

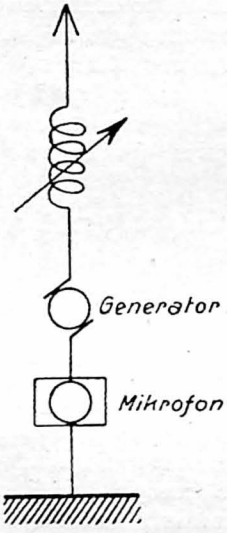
Zu den techniſchen Erforderniſſen der drahtloſen Telephonie gehört dasſelbe Mikrophon, das auch in der Drahttelephonie benutzt wird. Man braucht nur nach irgend einer bekannten Methode ungedämpfte Schwingungen in einer Antenne zu erzeugen, in dieſe einen Mikrophonkreis zu ſchalten und ihn zu beſprechen, ſo hat man grundſätzlich alles, was für drahtloſe Telephonie erforderlich iſt. Der Widerſtand des Mikrophons folgt allen beim Sprechen auftretenden Schwankungen, ſomit auch der Antennenſtrom, die ausgeſtrahlte Energie, der Strom in einer entfernten abgeſtimmten Empfangsantenne und natürlich ebenſo der vermittels Detektor oder Audions gleichgerichtete Wechſelſtrom im Hörer des Teilnehmers. Während aber bei der Drahttelephonie, wie ſchon bemerkt, durch die langen Übertragerleitungen Verzerrungen hervorgerufen werden, iſt die Strahlungstelephonie hiervon ganz frei und deshalb ihre Sprache viel reiner.

Der Umſtand, daß das Mikrophon ſtarke Ströme nicht verträgt, weil dabei die Kohlekörnchen zuſammenbacken und das Mikrophon nicht mehr funktioniert, bedingt eine Verſtärkung, die durch das Elektronenrelais gefunden wurde.

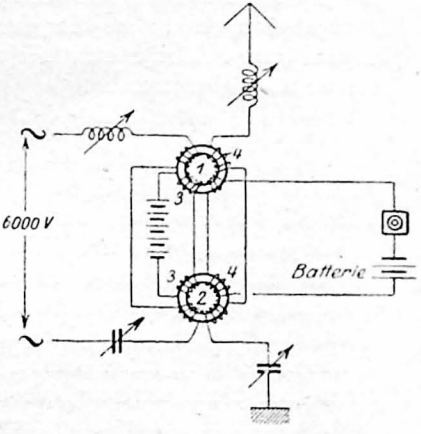
Telephonie mit Hochfrequenzmaſchine

Es wurde bereits geſagt, daß die Hochfrequenzmaſchine die erſte Löſung für die drahtloſe Telephonie ergab. Hierbei wurden die ſtärkſten Wechſelſtromenergien vermittels gleichſtrommagnetiſierter Eiſenkerne erzeugt und durch den Gleichſtrom ſelbſt geſteuert. Unſer umſeitiges Bild zeigt

die Frequenzverdopplungsanordnung des Hochfrequenzmaschinensenders in Nauen. Den Kernen 1 und 2 wird ein Wechselstrom von beliebiger Frequenz, z. B. 6000 Perioden in der Sekunde, zugeführt. Läßt man durch die Wicklung 3 einen Gleichstrom fließen, der eine fast ebenso große Sättigung im Eisen erzeugt, wie der Wechselstrom, so entsteht eine heftige Verzerrung des Feldes im Kern und damit auch eine vollkommne Verzerrung der Kurvenform des Wechselstroms. Bringt man auf jeden Kern noch eine dritte Wicklung an (4), die in diesem Fall gleichzeitig in der Antenne liegt, und schaltet die Wicklungen auf beiden Kernen in entgegengesetztem Sinn, so verhindert diese Gegenschaltung die Übertragung der ursprünglichen Frequenz. Dagegen können die meist sehr kräftig entwickelten Oberschwingungen



Grundsätzliche Schaltung eines Senders für drahtlose Telephonie



Telephonie mit Hochfrequenzmaschine

der ursprünglichen Frequenz übertragen werden, und so ergibt sich, daß bei der Schaltung nach Bild 3 die doppelte Frequenz (bei ausgezeichnetem Wirkungsgrad aus der verzerrten Kurvenform) herausgeholt wird. Das Verfahren wird mehrfach hintereinander angewendet, bis die für die Strahlungswirkung in der Antenne erforderliche hohe Frequenz erreicht ist (Frequenzvervielfachung). Es zeigt sich nun, daß man bei diesem Umformungsprozeß für ganz große Wechselstromenergie nur sehr geringe Gleichstromenergien benötigt, und daß geringe Änderungen dieses Gleichstroms schon starke Änderungen der umgeformten Energien, hier des Antennenstroms, hervorrufen. Führt man dementsprechend durch diese Steuer-Gleichstrom-Wicklungen die von einem Mikrophon erzeugten Sprech-Wechselströme, so kann man ohne weiteres den Anten-

nenstrom im Rhythmus der Sprache beeinflussen. Im Bilde sind die vom Mikrophon kommenden Sprechströme noch durch eine gesonderte Zusatzwicklung (4) geführt. Es werden also nicht die ganzen für die Umformung erforderlichen Gleichstromwicklungen für die Telephonie ausgenutzt, sondern nur ein Teil. Mit solcher Anordnung gelang es schon 1912/13, mit 5 kW Antennenleistung von Nauen aus mehr als 1000 km telephonisch zu überbrücken.

Bei den neuen großen Anlagen für 100 bis 400 MK wird vielfach die Funktion der Energieerzeugung und der Energie-Beeinflussung, die hier von denselben Eisenkernen ausgeführt wird, getrennt, d. h. neben den der Energieumformung dienenden Verdopplungskernen wird noch ein gesondertes ebenso gebautes Kernsystem in oder an den Antennenkreis gelegt, das die Sprachbeeinflussung übernimmt. Ebenso wie eben wird die Sättigung und damit die Selbstinduktion dieser Kerne durch den Gleichstrom bzw. die Sprechwechselströme relaisartig verändert. Dadurch wird die Antenne gegen die zugeführte Frequenz aus der Resonanzabstimmung gebracht, so daß der Antennenstrom und damit die Strahlung schwankt.

Die Sprachenergie eines Mikrophons genügt freilich auch hier noch nicht, sondern der Mikrophonstrom wird durch Kathodenröhrenverstärker auf das 100 bis 1000fache verstärkt und dann erst dem Eisenkern zugeführt.

Telephonie mit Röhrensender

Wir haben schon mitgeteilt, daß dieser Art der Telephonie nicht unerhebliche Erschwernisse anhaften und ebenso, daß der Röhrensender darin eine neue Epoche gebracht hat. Schon 1913 gelang es, mit einem kleinen Röhrensender 30 km zu überwinden. Später, als die Röhre noch wesentlich vervollkommnet wurde, gelang noch viel mehr. Für kleinere Reichweiten und Energien benutzt man Röhren von 10 Watt bis 2 kW Schwingungsleistung, für größre schaltet man die Röhren parallel. Bei Telephonieversuchen zwischen Frankreich und Amerika ist man bis zu 300 parallel gestellten Röhren gekommen, die alle gleichzeitig durch die Sprache beeinflußt worden sind. Die Sprachenergie eines Mikrophons ist dabei nicht ausreichend. Die Sprache muß durch mehrere Vorröhren verstärkt werden, oder man baut den Sender so, daß man in einem kleinen Röhrensender die sprachbeeinflußte Hochfrequenz erzeugt, d. h. man nimmt einen Telephoniesender für ganz kleine Energie und läßt diesen auf Starkstrom-Hochfrequenz-Verstärkerröhren wirken, die dann die Energie des kleinen Senders, auf das 10 bis 100 fache verstärkt, auf die Antenne übertragen. Man erkennt also, daß nur die Verstärkung imstande ist, das ganze Problem zu lösen.

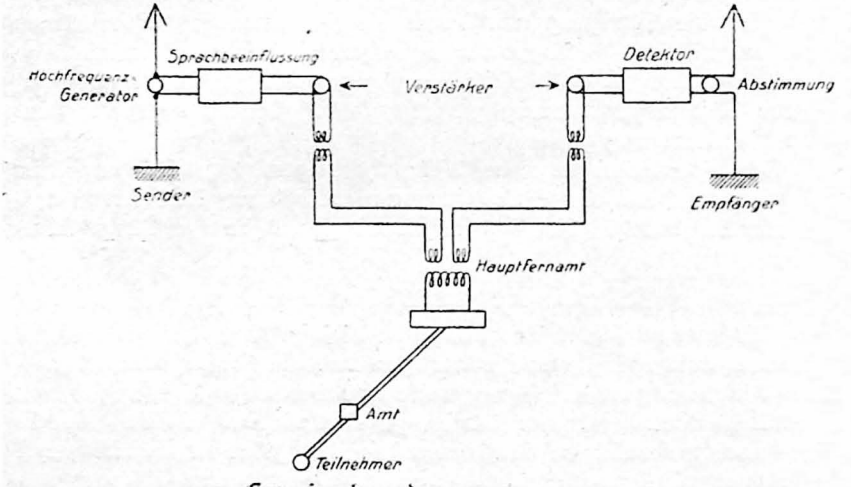
Auch

Verbindung mit drahtloser Leitungstelephonie

ist möglich, so daß man von jedem Telephonanschluß auf dem Lande

ohne weitres mit einem Schiffe sprechen könnte, sofern es einen entsprechenden Sender besitzt. Vom Lande aus würde das Gespräch dabei zuerst über die Postleitung gehen und dann ausgestrahlt werden. Man spricht dabei ebenso wie im normalen Fernsprechverkehr.

Auch das Gegensprechen läßt sich unschwer erreichen, wenn auch unter Aufwand größrer technischer Mittel. Das Prinzip einer Gegensprechanordnung für eine größre Sendelange zeigt unser untenstehendes Bild. Man braucht, damit der eigne Sender nicht auf den eignen Empfänger wirkt und diesen durch seine großen Energien übertönt und beschädigt, getrennte Sende- und Empfangsantennen in 1 bis 10 km Entfernung voneinander. Auch die Wellen zum Senden und



Gegensprechanordnung

und Empfangen müssen 5 bis 20 % voneinander abweichen. Das Gespräch des Teilnehmers geht von seinem Telephonapparat über das Vermittlungsamt zum Fernamt, von dem einerseits die abgehende Sprache durch Transformationen der Sendestelle zugeführt, andrerseits die vom Empfänger ankommende Sprache auf den Teilnehmer geschaltet wird. Am Sender wird die abgehende Sprache über eine mehrfache Verstärkung geführt, am Empfänger die ankommende Sprache. Der Teilnehmer selbst hat mit irgendwelchen durch die drahtlose Übertragung bedingten Maßnahmen nichts zu tun, da die Bedienung auf die Sende- und Empfangsstelle konzentriert ist. Bei kleinern Sendeanlagen, etwa bis zu 1 kW ist die Einwirkung des Senders auf den Empfänger geringer, es läßt sich dann der Sender und der Empfangsapparat an die gleiche Antenne legen, und der Sendestrom vom Empfänger trotzdem fernhalten.

Die Aussichten der drahtlosen Telephonie

Sind also wohl alle technischen Mittel zur drahtlosen Telephonie vorhanden, so darf man diesen Zweig der Telephonie dennoch vorerst keine große Zukunft prophezeien, wenn nicht noch erhebliche Fortschritte in irgend einer bisher nicht erkennbaren Richtung zu erwarten sind. Die drahtlose Telegraphie ist der Telephonie in bezug auf die Empfangsmittel weit überlegen, besonders durch die bei der Telephonie unbrauchbare Interferenzmethode. Man kann infolgedessen bei der drahtlosen Telephonie bei gleicher Sendeenergie höchstens $^1/_2$ bis $^1/_4$ der Reichweite rechnen, wie sie die Telegraphie ergibt, ohne dabei deren Störungsfreiheit auch nur annähernd zu erreichen. In einem größern drahtlosen Telephonnetz wären gegenseitige Störungen nicht zu umgehen, und in Deutschland könnte z. B. neben dem jetzt bestehenden Reichsfunknetz für drahtlose Telegraphie ein gleiches Netz für drahtlose Telephonie nicht arbeiten. Dennoch bleibt der drahtlosen Telephonie schon nach der jetzigen Übersicht ein Gebiet vorbehalten, nämlich das des Rundspruchdienstes, wobei Presse- und ähnliche Nachrichten, Wetterdienst, Musik, Reden und dgl. gegeben werden, die für eine große Zahl Stellen bestimmt und von ihnen allen auf einmal aufgenommen, aber nur einmal gegeben zu werden brauchen. Das ist vorerst die eigentliche Domäne der drahtlosen Telephonie und hier wird sie zuerst wichtige und tüchtige Arbeit leisten können. Auch für den Küsten- und Seedienst mag sie in Betracht kommen. Wie weit sie darüber hinaus sich noch wichtige Anwendungsgebiete erobern wird, muß aber die Zukunft lehren.

Vielleicht ist der drahtlosen Telephonie im Fernverkehr eine Rolle zu spielen bestimmt. Denn das Telephonieren nach Amerika und auf ähnliche Entfernungen wäre immerhin eine Errungenschaft, die sich hören ließe. Anfang 1922 fing man an, von Nauen aus großzügige Telephonieversuche anzustellen. Haag, Christiania, Zürich, Kopenhagen, London und andre Stellen berichteten über den Empfang der Nauen-Telephonate, und an der Hand dieser Ergebnisse konnte weiter gearbeitet werden. Aber auch anderwärts in der Welt, überall, wo sich drahtlose Stationen befinden, wurden die Nauen-Telephonieversuche mit größtem Interesse verfolgt. Der Betriebsleiter einer englischen Funkstation in Basrah, das am persischen Meerbusen liegt, teilte brieflich mit, daß er die Nauen-Telephonate mit einer behelfsmäßig aufgebauten Empfangsanlage aufnehmen konnte. Er rühmte die klare und deutliche Aussprache der übermittelten Wörter. Es scheint also tatsächlich, daß sich die drahtlose und die Drahttelephonie in die Aufgaben teilen werden. Denn daß die Drahttelephonie trotz ihrer hohen Ausbildung im Nah- und nähern Fernverkehr doch noch nicht in der Lage ist, sehr weite Entfernungen zu überbrücken, ist ein großer Mangel, bei dem grade die drahtlose Telephonie trotz ihrer geringen Lebensdauer helfend einzuspringen scheint.

Hochfrequenz-Mehrfach-telegraphie und -telephonie auf Leitungen

Der akustische Resonator

Der Ton eines musikalischen Instruments unterscheidet sich von demselben Ton eines andern durch seine Klangfarbe. Das wird niemandem entgangen sein, der jemals Töne gehört hat, die von verschiedenen Tonquellen ausgehen. Jeder Mensch weiß, daß der Ton eines Sängers ganz anders klingt, als der einer Trompete oder eines Klaviers oder einer Geige oder einer Flöte. Geben alle Instrumente denselben Ton wieder, so wird doch jedermann sagen können, von welchem Instrument der Ton ausgeht. Man ist deshalb in der Lage anzugeben, von welchem Instrument gewisse Töne in einem Musikstück gespielt werden. Der Grund für die Verschiedenheit desselben Tones bei verschiedenen Instrumenten liegt in der Tatsache, daß kein Ton eines Instruments ein einfacher Ton ist, wie er durch die Zahl der Luftschwingungen eindeutig bestimmt ist, sondern das neben diesem vorwaltenden Hauptton noch Nebentöne existieren, sogenannte Obertöne. Je nachdem diese Obertöne, die mit dem Hauptton immer in harmonischer Verbindung stehen, vorhanden sind, ergibt sich ein besondrer Klangcharakter. Der Hauptton einer Flöte hat ganz andre Obertöne als der einer Geige, und beide wieder andre als der eines Klaviers, und diese drei wieder andre als der Ton aus der menschlichen Kehle usw. Man kann das leicht feststellen, wenn man sich dazu der namentlich von Helmholtz benutzten Resonatoren bedient. Das sind Hohlkörper aus Glas oder Messing, namentlich solche von Kugelform, die wegen ihrer geometrischen Verhältnisse als Tonerzeuger nur einen einzigen bestimmten Ton, ihren „Eigenton", geben würden. Hält man diese ans Ohr, während ein Ton erklingt, so schwingen sie vermöge der Erscheinung der akustischen Resonanz nur dann mit, wenn der klingende Ton einen Teilton enthält, der mit dem Eigenton des Resonators übereinstimmt. Um also festzustellen, welche Obertöne den Klang des Tons eines Instruments bestimmen, stellt man sich eine Reihe von Resonatoren her, die alle auf einen bestimmten Ton abgestimmt sind. Läßt man nun einen Ton irgend eines Instruments ertönen, so sprechen mehrere dieser Resonatoren an, und zwar immer auf ihre Eigentöne. Man weiß dann, daß das Instrument außer dem Hauptton immer noch die und die Obertöne gibt, die seinen Klangcharakter bestimmen. Der Physiker sagt, man kann die Töne mit Hilfe der Resonatoren analysieren.

Trennung überlagerter elektromagnetiſcher Wellen

Bei der Verwandtſchaft der Formen zwiſchen Tönen und elektriſchen Schwingungen kommt man wohl auf den Gedanken, daß es auch möglich ſein müſſe, zwei elektromagnetiſche Schwingungen auseinanderzuhalten, zu analyſieren.

Das ſei nichts Neues, wird man einwenden, denn das machen wir ja immerzu in der drahtloſen Telegraphie, wenn wir auf eine beſtimmte Welle einſtellen.

Das iſt recht! Aber wie, wenn wir das mit unſern Telephondrähten machen könnten, die doch ſchon ſo überlaſtet ſind, daß man immerwährend neue bauen muß, obwohl ſchon kein Geld in den Kaſſen des Reiches iſt.

„Not macht erfinderiſch". Was man mit der alten gewöhnlichen Telegraphie und Telephonie nicht machen kann, läßt ſich alſo mit den Wechſelſtrömen vielleicht machen?

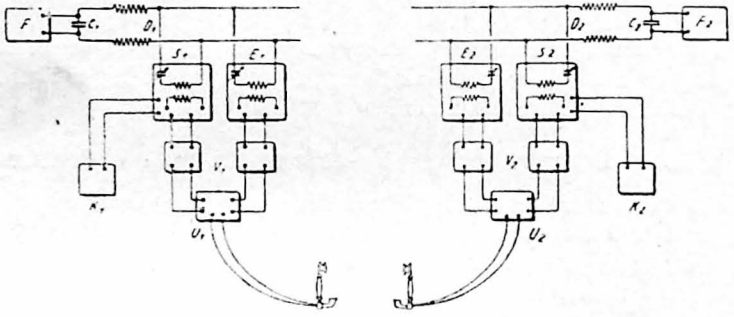
Mehrfachtelegraphie und -telephonie auf Leitungen

Natürlich hat man längſt verſucht, auf einem und demſelben Draht mehrere Depeſchen zu geben oder mehrere Geſpräche zu führen, aber mit dem guten alten Gleichſtrom geht das eben leider nicht. Denn wenn man neben einem Gleichſtrom noch einen zweiten in die Leitung ſchickt, wird man niemals beide am Empfangsende voneinander wieder trennen können; ſie vermiſchen ſich wie die Atome legierter Metalle, und aus der gemeinſamen Sauce läßt ſich kein Morſeſtrichlein oder -pünktchen wieder herausfiſchen und wollte man die ſchönſten Angeln anwenden. Es bleibt eben nichts andres übrig, als ſich hilfeſuchend an den Wechſelſtrom zu wenden und zuzuſehen, was ſich damit machen läßt.

Wechſelſtröme durch Drahtleitungen zu ſchicken iſt alt, mehrere durch eine Leitung zu ſenden, dazu lag bisher nicht die Notwendigkeit vor. Denn wollte man das bei Starkſtromleitungen tun, ſo wäre davon doch kein Gewinn zu erwarten, weil die Leitungen doch ſo ſtark werden müßten, als wenn man getrennte Leitungen verwendet. Bei der Telegraphie und Telephonie aber, wo die Leitungen ihrer Stärke nach doch aus mechaniſchen Gründen ſo dimenſioniert ſein müſſen, daß ſie vielmehr Strom führen können als ſie führen, liegt ein Nutzen vor, wenn man mehrere Ströme über dieſelbe Leitung ſchicken kann. Man hat deshalb ſchon ſeit langem verſucht, eine ſogenannte Mehrfachtelegraphie und -telephonie einzuführen, aber das iſt immer an techniſchen Schwierigkeiten geſcheitert. Die alten Hilfsmittel erwieſen ſich als nicht leiſtungsfähig genug, eine ſolche Maßnahme auszuführen. Aber was die alten Hilfsmittel nicht leiſteten, macht vielleicht der ſo vielgeprieſne drahtloſe Univerſalapparat, die Elektronenröhre?

Mehrfachtelegraphie und -telephonie mit Hochfrequenz

Tatsächlich hat sie des Rätsels Lösung gebracht; ihr verdanken wir jetzt eine Mehrfachtelegraphie und -telephonie, die mit Hochfrequenzströmen arbeitet und gestattet, jeden Draht vielfach zu belasten. Was das angesichts der wirtschaftlichen Notlage aller Länder und der ungeheuren Kosten neuer Leitungsbauten bedeutet, kann wohl jeder ermessen. Man ist dadurch plötzlich in die Lage versetzt, auf jeder Leitung mehrere Gespräche oder Telegramme zu geben, und das bedeutet eine Vervielfachung der wirtschaftlichen Anlagewerte. Die Reichspostverwaltung ist daher schleunigst dazu übergegangen, dieses neue Hilfsmittel praktisch zu verwerten. Man schickt nicht bloß den Telephon-



Schaltschema für Hochfrequenztelephonie auf Telegraphenleitungen

oder Telegraphenstrom über die Leitungen, sondern benutzt sie auch noch für Hochfrequenzströme. Und da man von diesen mehrere, theoretisch beliebig viele, über jede Leitung schicken kann, so tut mans. Wie das geschieht, sei nun des nähern auseinandergesetzt.

Grundsätzlich ists sehr einfach. Man benutzt Hochfrequenzströme, die man den gewöhnlichen Telegraphier- oder Telephonströmen überlagert, nachdem man sie am Sendeort unter den Rhythmus eines Mikrophons gezwungen hat. Am Empfangsort werden sie von dem Empfänger aufgenommen und nach Art der drahtlosen Telephonie im Fernhörer hörbar gemacht. Grundsätzlich sind bei alledem die Vorgänge die gleichen wie bei der drahtlosen Telephonie ohne Leitungen.

Es hat sich dabei herausgestellt, daß es bei diesem Verfahren vorteilhafter ist, mit Doppelleitung zu arbeiten, nicht mit Leitung und Erde, damit man Störungen durch große oder nahe Stationen für gewöhnliche drahtlose Telegraphie vermeidet. Das wäre ein Rückschritt, wenn man auch für gewöhnliche Drahttelegraphie und -telephonie nunmehr zwei Leitungen benutzen müßte. Aber das ist nicht notwendig. Man kann aus einem zur Verfügung stehenden Drahtbündel zwei beliebige Drähte herausgreifen, auch wenn sie in der Leitungstelephonie nicht einander zugeordnet sind. Dem Hochfrequenzstrom ist es gleichgültig, ob er

über einem Telegraphierſtrom oder einem Telephongeſpräch liegt und zur Rückleitung am Ende einer Starkſtromleitung überwieſen wird.

Das Schema für ein derartiges überlagertes Hochfrequenztelegramm oder -geſpräch zeigt das nebenſtehende Bild, in dem der Index 1 die eine, 2 die andre Station charakteriſiert. Jede Station braucht, um ein Geſpräch neben einem gewöhnlichen zu übertragen, eine Sendeeinrichtung S, eine Empfängereinrichtung E, zu jeder einen Verſtärker V, einen Übertrager U mit dem Mikrophon und Telephon, die Kraftquelle K. Mit F iſt die Apparatur für den gewöhnlichen Fernſprechbetrieb bezeichnet. Droſſeln D und Blockkondenſatoren C ſchützen ſie vor den Hochfrequenzſtrömen. Andrerſeits ſind die bei S und E im Bilde angedeuteten Schwingungskreiſe aus Spulen und Kondenſatoren gegen die gewöhnlichen Fernſprechſtröme geſchützt, und die Kondenſatoren verhindern einen Kurzſchluß für dieſe Ströme zwiſchen den beiden Leitungen.

Die Sendeeinrichtung enthält zwei Kathodenröhren als Erzeuger gedämpfter Schwingungen und die zugehörenden Schwingungskreiſe; die Empfängereinrichtung zwei ähnliche Röhren, die als Audione geſchaltet ſind, nebſt den Schwingungskreiſen. Die Verſtärker ſind Einröhrenverſtärker. Der Übertrager beſteht im weſentlichen aus Transformatoren in einer ſolchen Schaltung, daß die eignen Mikrophonſtröme des abgehenden Geſprächs vom eignen Empfänger ferngehalten werden, und daß die Ströme des ankommenden Geſprächs, nachdem ſie den Empfänger paſſiert haben, nicht zum Sender, ſondern zum Fernhörer gehen. Der Übertrager iſt mit dem Klappenſchrank zuſammengebaut, der ermöglicht, daß in die Hochfrequenzſtation ebenſo wie an die gewöhnliche Fernſprechſtation mittels des Klappenſchranks beliebig viele Teilnehmer über eine Drahtleitung angeſchloſſen werden können. Dabei können auch die gleichen Anrufvorrichtungen, Mithörapparate uſw. wie im gewöhnlichen Fernſprechweſen benutzt werden.

Die Kraftquelle umfaßt alle Strom- und Spannungsquellen, die der Betrieb erfordert, alſo für die Heizung der Glühkathoden der Röhren, für die Anodenſpeiſung der Röhren, für den Betrieb des Mikrophons und der Anrufzeichen. Zu einer Station mit einem Sender und einem Empfänger gehört ein Umformer (Motor-Generator) für 1000 Volt Gleichſtromſpannung bei einer Leiſtung von etwa 150 Watt. Der Umformer wird aus einem vorhandenen Netz geſpeiſt. Ferner werden Batterien für die Anodenſpannung der Empfänger- und Verſtärkerröhren mitgeliefert. Die Heizung der Glühfäden aller Röhren geſchieht aus der meiſt vorhandnen Zentralbatterie von 24 Volt. Iſt ſolche nicht vorhanden, ſo gehört zur Lieferung noch eine beſondre Heizbatterie von 12 Volt bei 20 bis 60 Ampereſtunden Kapazität nebſt Ladeeinrichtung.

Um zu verhüten, daß Sender und Empfänger über die Fernleitung ſich gegenſeitig beeinfluſſen, ſind Einrichtungen vorhanden, die im Bilde nicht beſonders hervorgehoben ſind. Ferner ſind Mittel

vorgesehen, um die Wechselströme des Senders, bevor sie in die Fernleitung eintreten, von Oberschwingungen zu reinigen, und um die ankommenden Ströme, bevor sie in den Empfänger eintreten, ebenfalls zu sieben, so daß lediglich die das Gespräch tragende Wechselstromfrequenz empfangen und verstärkt wird. Diese Mittel sind konstruktiv mit dem Übertrager vereinigt.

Das gesamte vorbezeichnete Gerät einer Station für ein dem gewöhnlichen Betrieb zu überlagerndes Gespräch würde einschließlich Abständen und Zwischenräumen einen Raum von etwa 10 qm Grundfläche beanspruchen. Für eine in einem besondern Raum aufzustellende Heizbatterie wären weitre 1 bis 2 qm notwendig. Fast immer wird es als Zusatz zu einer vorhandnen Fernsprechvermittlung z. B. in einem Direktionsgebäude Aufstellung finden können. Zur Bedienung kann eine Person des Fernsprechdienstes ohne besondre Vorkenntnisse ausgebildet werden. Der Teilnehmer selbst kommt mit den Hochfrequenzapparaten nicht in Berührung, bedient sich vielmehr des gewöhnlichen Fernsprechgeräts. Großer Drahtquerschnitt der Fernleitung ist erwünscht. Er ist auch dort gegeben, wo mehrere Einzeldrähte, die für sich ganz getrennten Zwecken dienen, zu einem Bündel als Hin- oder Rückleitung zusammengefaßt werden können; durch besondre Schaltungsmittel ist das möglich, ohne den Einzeldraht in seinem bisherigen Verwendungszweck zu stören. Aber auch schon eine Einzelleitung mit Erde als Rückleitung läßt sich durch das Verfahren erhöht ausnutzen.

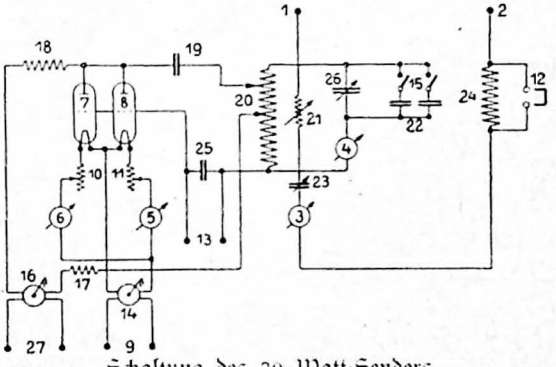
Zunächst ist das Verfahren lediglich für Freileitungen durchgebildet. Bei Kabelleitungen, auch wenn sie nur streckenweise in die Freileitung eingeschaltet sind, sind noch weitre Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die besondere Maßnahmen für Schaltung, Energie und Wellenlänge erfordern.

Auf jedem Freileitungsbündel lassen sich bis zu zwei gleichzeitige zusätzliche Gespräche überlagern, als telephonische oder telegraphische Nachricht. Zwei Gespräche erfordern an der Sende- und Empfangsstation je zwei Sender und zwei Empfänger, weil als Träger der Nachrichten zwei verschiedene Frequenzen benutzt werden. Wegen der gegenseitigen Einwirkung der benutzten Frequenzen läßt sich die Zahl der zusätzlichen Gespräche bei dem üblichen Abstand der Drähte eines Bündels nicht beliebig steigern. Gehen die Drähte nur auf kurze Strecken parallel, z. B. nur innerhalb des Gebäudes, in das mehrere Bündel in Kabel eingeführt sind, so läßt sich die Zahl von zwei zusätzlichen gleichzeitigen Gesprächen auf jedem Bündel beibehalten. In dem Gebäude können dann sechs Sender und sechs Empfänger in einem Raum beisammen stehen und je zwei zusätzliche Gespräche auf drei ausgehenden Bündeln vermitteln. Laufen die Leitungen dagegen außerhalb der Gebäude auf dem Gestänge auf langen Strecken parallel, so könnte unter Umständen nur je ein Zusatzgespräch auf jeder Leitung geführt werden.

Für die Mehrfachtelegraphie und -telephonie sind zunächst zwei Apparatesätze ausgearbeitet, einer für eine Reichweite von 400 km und einer für 700 km, wobei unter Reichweite die Leitungslänge zu verstehen ist. Beide Sätze unterscheiden sich durch den Energiebedarf und die Zahl der Röhren, während die äußeren Abmessungen, die Bedienungsweise usw. die gleiche ist. Für 400 km ist der Energiebedarf, der für den Betrieb des Umformers aus einem vorhandenen Netz entnommen werden muß, 500 Watt bei beliebiger Gleich- oder Drehstromspannung; der Energiebedarf, der für Heizung der vorhandenen Zentralbatterie (oder wenn solche nicht vorhanden, einer besonders aufgestellten Batterie) entnommen werden muß, ist etwa 150 Watt. Für 700 km ist der entsprechende Energiebedarf für den Umformer 2 kW, für die Heizung etwa 500 Watt.

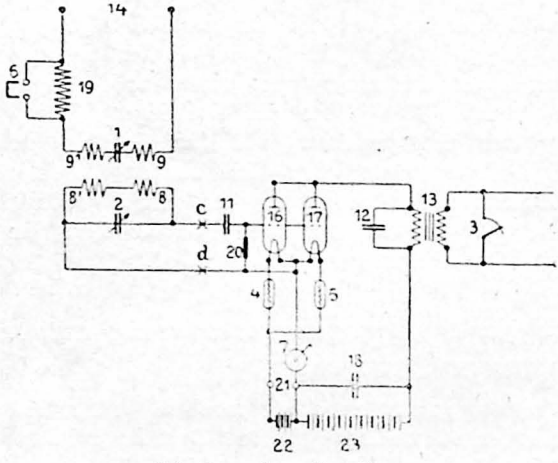
Wie die Apparate für Hochfrequenztelephonie auf Leitungen aussehen

In den Versuchen sind Apparate entwickelt worden, deren Beschreibung wir nun kennen lernen wollen. Für den Verkehr zwischen Berlin und Frankfurt a. M., also eine Entfernung von 600 Kilometern, reichte ein 20 Watt-Sender aus. Der zur Speisung der Röhren erforderliche 600 Volt-Gleichstrom wird über Schalter 16 und die Drosseln 17 und 18 den Anoden und Kathoden der Senderröhren 7 und 8 zugeführt. Diese sind über Anodenkondensator 19, Gitterkondensator 25 und auf den Kathodenseiten direkt mit der Zwischenkreisspule 20 gekoppelt. Diese ist mit Hilfe des Drehkondensators 26 und der Stufenkondensatoren 22 abgestimmt und umfaßt damit den Wellenbereich von 5000 bis 12000 m. Die Leitung ist an die Klemmen 1 und 2 angeschlossen und mit Hilfe der kippbaren Spule 21 zur Spule 20 gekoppelt. Die Abstimmung des Fernleitungskreises geschieht durch den Drehkondensator 23. Bei längeren Wellen als 70 wird die Zusatzspule 24 hinzugenommen. Die Heizströme der beiden Röhren werden mittels der Widerstände 10 und 11 eingestellt und an den Strommessern 5 und 6 abgelesen. Die Ausschaltung des Heizstroms wird durch den Schalter 14 bewerkstelligt.



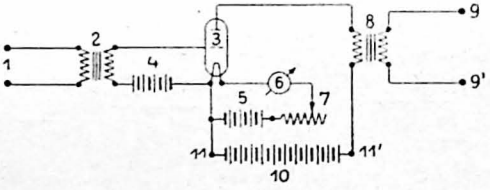
Schaltung des 20 Watt-Senders

Die Steurung des Gitters erfolgt über die Klemmen 13 in der Weiſe, daß an dieſe bei Telephonieſtationen ein Sprechtransformator gelegt wird, auf den das Mikrophon arbeitet. Wird der Sender für Telegraphie verwendet, ſo werden die Klemmen durch die Kontakte eines Taſtrelais oder einer Morſetaſte geſchloſſen, und der Kondenſator 25 kann fortfallen.



Schaltung des Empfängers

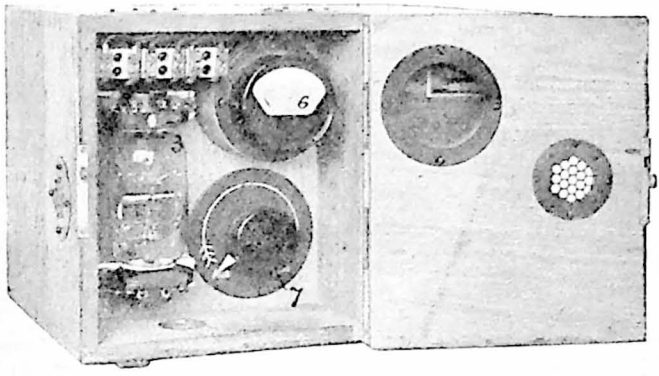
Da die Lautſtärke der vom Teilnehmer ankommenden Sprache in den ſeltenſten Fällen genügt, um den Sender voll auszuſteuern, läßt ſich die direkte Beſprechung des Sendegitters faſt nie anwenden. Man legt daher zwiſchen Teilnehmer und Sender einen Vorverſtärker ein. Dieſer beſteht aus einer Röhre 3, der über den Transformator (Vorübertrager) 2 die ankommenden Sprachſchwingungen zugeführt werden. Dieſe beeinfluſſen erſt das Gitter der Röhre. Die verſtärkte Sprache wird über Transformator 8 (Nachübertrager) und Klemmen 9,9' den Klemmen 13 des Senders zugeführt. Die Gitterbatterie 4 gibt der Röhre ihre günſtigſte Charakteriſtik, die ſich im günſtigſten Arbeiten ausdrückt. Die Spannung für die Anode liefert die Batterie 11.



Schaltung des Vorverſtärkers

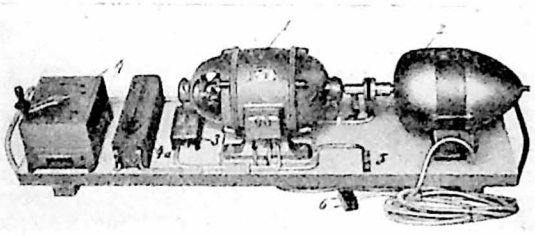
Das nebenſtehende Bild zeigt den geöffneten Verſtärkerkaſten. Hinter dem Deckel liegt der rechte Teil des Kaſtens, der die Gitterbatterie enthält. Die Ziffern entſprechen denjenigen auf dem vorangehenden Schaltſchema. Die für die Senderöhren notwendige Energie wird von einem Umformeraggregat geliefert (ſ. Bild). Der vom ſtädtiſchen Kraftnetz gelieferte Strom ſpeiſt einen Motor, der eine Hochſpannungsdynamomaſchine 2 mit 600 bis 1000 Volt antreibt. Anlaßwiderſtand 4 und Feldregler 4a vervollſtändigen die Ausrüſtung. Die Sicherungen 3 ſchützen den Motor gegen Überſpannung und Hochfrequenzinduktion. 5 iſt die Erdklemme.

Wird der Sender für Telegraphie verwendet, so kann man die Röhren mit 500periodigem Wechselstrom heizen. Der dabei auftretende Maschinenton ist ja dann belanglos.



Verstärker (geöffnet)

Der aus der Fernleitung beim Empfänger ankommende hochfrequente Strom durchfließt über Klemmen 14 die Spule 19 oder den Kreuzschließer 6, die Kupplungsspulen 9,9' und den Drehkondensator 1, mit Hilfe dessen der Leitungskreis auf die ankommende

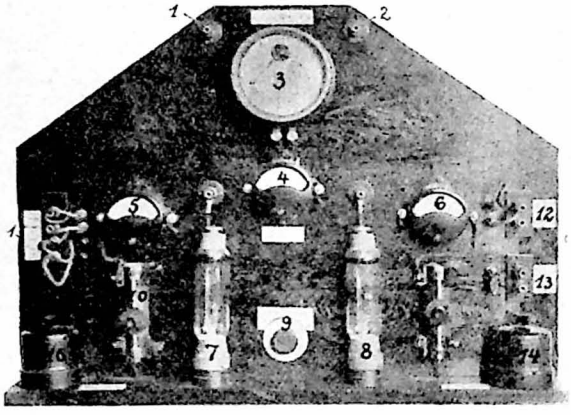


Umformeraggregat

Schwingung abgestimmt wird (s. Bild S. 264). Im Audionkreis, aus den Spulen 8,8' und dem Drehkondensator bestehend, wird eine Spannung induziert, die über den Blockkondensator 11 dem Gitter der Röhren 16 und 17 zugeführt wird. Der verstärkte Anodenstrom speist über den Transformator 13 und Klemmen 15 den schon beschriebnen Einröhrenverstärker. Parallel zu 15 liegt der Lautstärkeregulator 3, dessen Stellung vom Zustande der Fernleitung und der erforderlichen Verstärkung abhängt. In der Bildansicht des Empfängers sind die Apparate immer mit den gleichen Ziffern bezeichnet wie im Schaltschema.

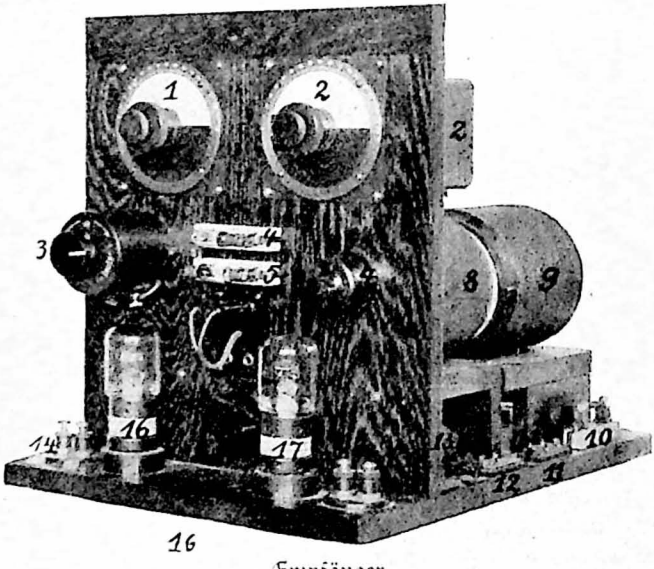
Der Empfangsapparat braucht einen Dreiröhren-Niederfrequenzverstärker, dessen Endenergie in den Gleichrichter geleitet wird.

Die Röhre wird aus der Batterie 2 geheizt. Der ankommende verstärkte Empfangsstrom beeinflußt über den Transformator 1 das



Vorderansicht des Senders

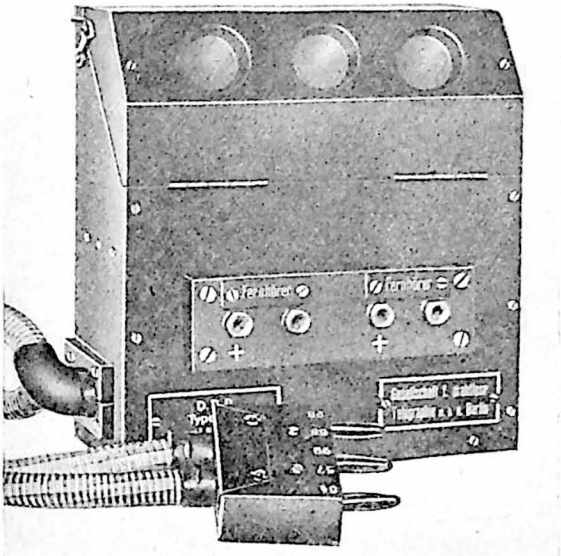
Gitter der Röhre 4, und jeder positive Impuls löst einen Stromstoß der Batterie 5 über die Relaiswicklung 6 aus, die den Anker nach



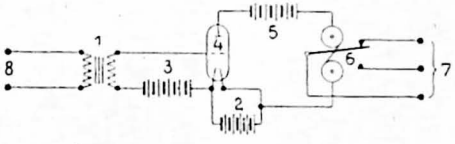
Empfänger

unten zieht. Sobald die Impulse aufhören, fließt kein Strom mehr durch 6, so daß jede normale mit polarisiertem Relais arbeitende Telegraphenanlage durch den Gleichrichter gesteuert werden.

Wird ein Niederfrequenzverstärker zur Verstärkung der Telegraphierzeichen benutzt, so ist es nötig, zwischen e und p (im Empfängerschaltschema S) einen Überlagerer einzuschalten.



Dreifach-Niederfrequenz-Verstärker



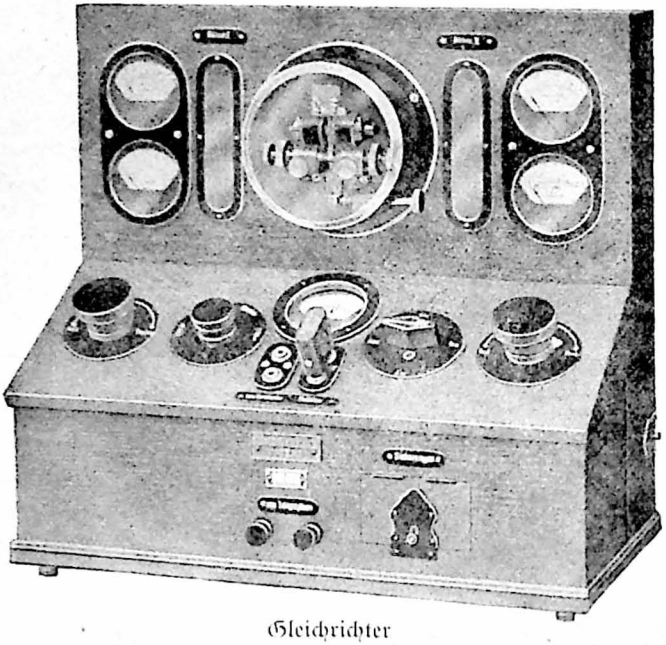
Schaltung des Dreifach-Niederfrequenzverstärkers

Die Anwendung des neuen Verfahrens

Auf einer Reihe Fernleitungen hat das Reichspostamt die Hochfrequenztelephonie bereits eingeführt, und zwar gerade nach weit entfernten Städten. Denn es hat sich gezeigt, daß die Sprachreinheit, die bei langen Leitungen gewöhnlich sehr leidet, mittels Hochfrequenzströmen ausgezeichnet gut ist. Ein Gespräch nach Frankfurt a. M. von Berlin aus ist gewöhnlich keine ungemischte Freude, während mit Hochfrequenzströmen recht gute Verständigung erzielt wird.

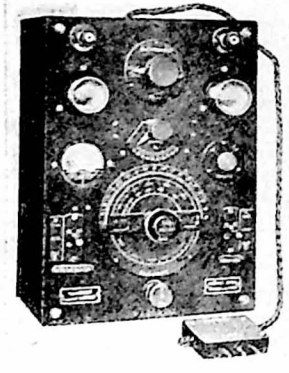
Auch die Mehrfachtelegraphie ist bereits seit Anfang 1920 auf der Strecke Berlin—Frankfurt a. M. in Benutzung. Hier wird auf einer Doppelleitung mit je drei Schnelltelegraphen ein großer Teil

des gesamten Verkehrs abgewickelt. Über das in Berlin eingerichtete Hochfrequenzfernamt wird hier noch genauer berichtet.



Gleichrichter

In Amerika hat man das Verfahren ebenfalls eingeführt, und zwar besteht zwischen Pittsburgh (396 km), Harrisburg und Chicago (1194 km), Harrisburg und Detroit (960 km), außerdem zwischen Harrisburg und Chicago eine 1204 km lange zehnfache Telegraphierverbindung über einen Draht.



Überlagrer, der notwendig wird, wenn ein Niederfrequenzverstärker zur Verstärkung der Telegraphierzeichen benutzt wird

Eine besondre Anwendung hat die leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie für Elektrizitätswerke bekommen, die weitverzweigte Netze mit Unterstationen haben. Der Verkehr dieser Werke untereinander ist sehr wichtig. Aber meistens ist die Verständigung schlecht, denn der 50periodenstrom der Kraftleitung induziert auf die Telephonleitungen erheblich und bringt störende Nebengeräusche hervor, die die Wirksamkeit des Telephons verschlechtern. Da der Hochfrequenzempfänger gegen andre Frequenzen unempfindlich ist, also auch gegen die niedern Frequenzen des Kraftstroms, so ist

hier die Hochfrequenztelephonie das Gegebene. Mit Hilfe von an der Hochspannungsleitung angebrachten Kopplungsantennen wandert die Energie aus dem Senderkreis in die Hochspannungsleitung, folgt dieser und geht wieder in die Empfangsantenne an der Stelle über, wo der Empfänger aufgestellt ist. Die Anlagen arbeiten mit einem besonderen Anruf.

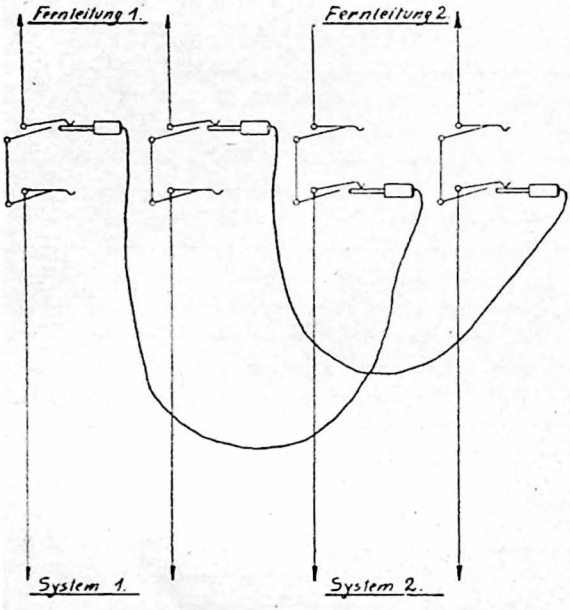
Das Berliner Hochfrequenzfernamt

Ein besondrer Vorteil der beschriebnen Apparate ist, daß sie im Betriebe der bestehenden Fernsprechämter benutzt werden können, ohne daß auch an den normalen Klappenschränken etwas geändert zu werden braucht. Und die Beamten arbeiten dabei genau so, als wenn sie eben mehrere Leitungen zu bedienen hätten. Infolgedessen merken die Teilnehmer nicht, daß sie mit Hochfrequenz sprechen. Man merkt es höchstens an der Klangreinheit, denn die von Starkströmen usw. herrührenden Nebengeräusche werden von den Hochfrequenzapparaten nicht aufgenommen. Und deshalb können die Verstärker angewendet werden, die die Nebengeräusche nicht mit verstärken. So kann man die Gespräche auf eine Lautstärke bringen, die früher unmöglich war. Die gewöhnlichen Fernapparate nehmen ja alle Nebengeräusche mit auf und geben sie im Fernhörer wieder.

Die für den Hochfrequenzbetrieb benutzten Fernleitungen und eine ebenso große Anzahl Aushilfsleitungen vereinigen sich an einem Schaltschrank, der den in der Telephonie auch sonst gebräuchlichen Namen „Leitungswähler" oder „Leitungsumschalter" führt. Jede Leitung ist durch ein Doppelklinkenpaar geführt, das so geschaltet ist, daß man durch Einführen einer Stöpselschnur in das obre Paar die Fernleitung von den Apparaten — dem sogenannten Mehrfachsystem — abschalten und mit dem freien Schnurende irgend ein andres System an die Leitung legen kann. (Bild S. 270.) Ebenso kann man durch Einstöpseln des untern Klinkenpaars das System von der Leitung abtrennen und mit dem andern Schnurende eine beliebige Leitung wählen. Bei Störungen in den Fernleitungen treten Aushilfsleitungen an ihre Stelle, die ebenfalls an den Leitungswähler geführt sind. Die normalen Stromwege werden jedoch ohne Zuhilfenahme von Stöpselschnüren durch die Klinkenfedern selbst geschlossen. Hinter dem Leitungswähler verzweigen sich die Leitungspaare (Bild S. 271). Ein Abzweig führt über die rechts auf dem neuen Bilde angeordneten Senderwähler zu den Sendern, die andern über die neben dem Leitungswähler aufgestellten Drosselkreise zum Empfängerwähler. Sender- und Empfängerwähler ermöglichen wieder die Vertauschung von Sendern und Empfängern verschiedner Systeme untereinander. Die Schaltung der Klinken entspricht im Prinzip derjenigen der Leitungswähler.

Die Sender und die Empfänger sind nach der übersichtlichen Art von Schalttafeln gebaut, so daß der Überwachungsbeamte mit

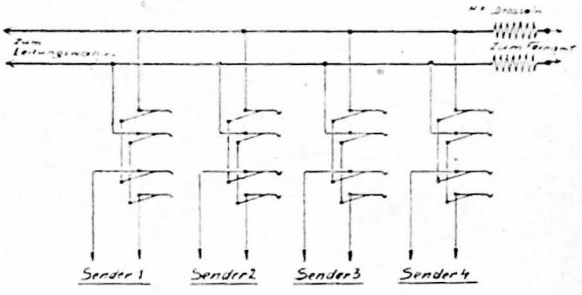
Hilfe zahlreicher Meßgeräte jederzeit die ausgesandten Wellenzüge kontrollieren kann. Die Lampen der Sender und Empfänger sind sichtbar angeordnet und können mit Hilfe kleiner Meßinstrumente jederzeit geprüft werden, ohne daß der Betrieb dadurch gestört wird. Die Zuleitungen zu den Sende- und Empfangsgeräten vereinigen sich an den Übertragersätzen. Von hier aus ist eine gemeinschaftliche Leitung zum Überwachungsschrank geführt, die, nachdem sie hier einen Prüfklinkensatz durchlaufen hat, im normalen Klinkenumschalter des Fernamts endet.



Schalten der Hochfrequenzleitungen

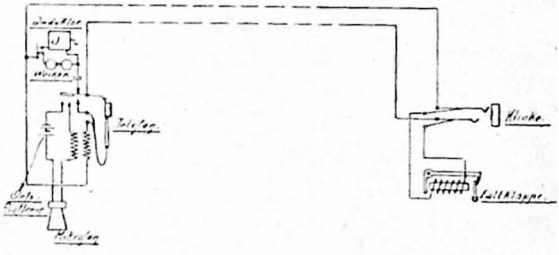
Links neben dem Überwachungsschrank befinden sich die Rufrelaissätze, deren Zweck es ist, die für die einzelnen Hochfrequenzgespräche bestimmten Anrufe auf die Leitung zu übertragen, sie einzeln auszusondern und den Apparaten, denen der Anruf gilt, zuzuführen. Die eigenartige Schaltung der Relais ermöglicht es, bis zu sieben verschiedene Anrufe auf einer Doppelleitung zu übermitteln, wobei jeder Stromimpuls nur die Apparate zum Ansprechen bringt, für die er bestimmt ist. In welcher Weise dieses Ziel erreicht wird, geht aus folgendem hervor. Der im Drahtverkehr übliche vom Fernamt kommende Anruf, der für ein andres Amt bestimmt ist, wird gewöhnlich mit 25periodischem Wechselstrom betätigt. Auf jedem größeren Amt befindet sich daher ein kleiner Umformer, von dessen Klemmen der Rufstrom abgenommen wird. Jede Beamtin kann von ihrem Arbeitsplatz aus einem Teilnehmer einen solchen Impuls in die Leitung senden, wodurch ein polarisierter Wecker des Teilnehmerapparats betätigt wird. Für die Teilnehmer selbst gibt es dagegen verschiedene Rufmethoden. Die älteren Ämter haben Ortbatterie (OB) und werden durch Drehen eines Kurbelinduktors vom Teilnehmer gerufen. Auf dem Amt fällt dabei eine kleine Klappe, hinter der die Nummer des Teilnehmers erscheint. Der Teilnehmer braucht also einen Anrufinduktor. Außerdem

aber muß auch noch für das Mikrophon eine Teilnehmerbatterie da sein. Um diese beiden teuren Stromquellen zu beseitigen, ist man zum Zentralbatteriesystem (ZB) übergegangen. Dieses besteht aus 12 großen Akkumulatoren, die auf dem Amte installiert sind. Zum Anrufen des Teilnehmers wird ein kleiner Umformer benutzt. Die Teilnehmerleitung steht über eine Relaiswicklung ständig unter Spannung der Zentralbatterie. Hebt der Teilnehmer den Hörer ab, so schaltet er damit sein Mikrophon ein. Das Relais betätigt auf dem Amt eine Glühlampe (Lampenanruf) oder eine farbige Signalscheibe (Schauzeichen).



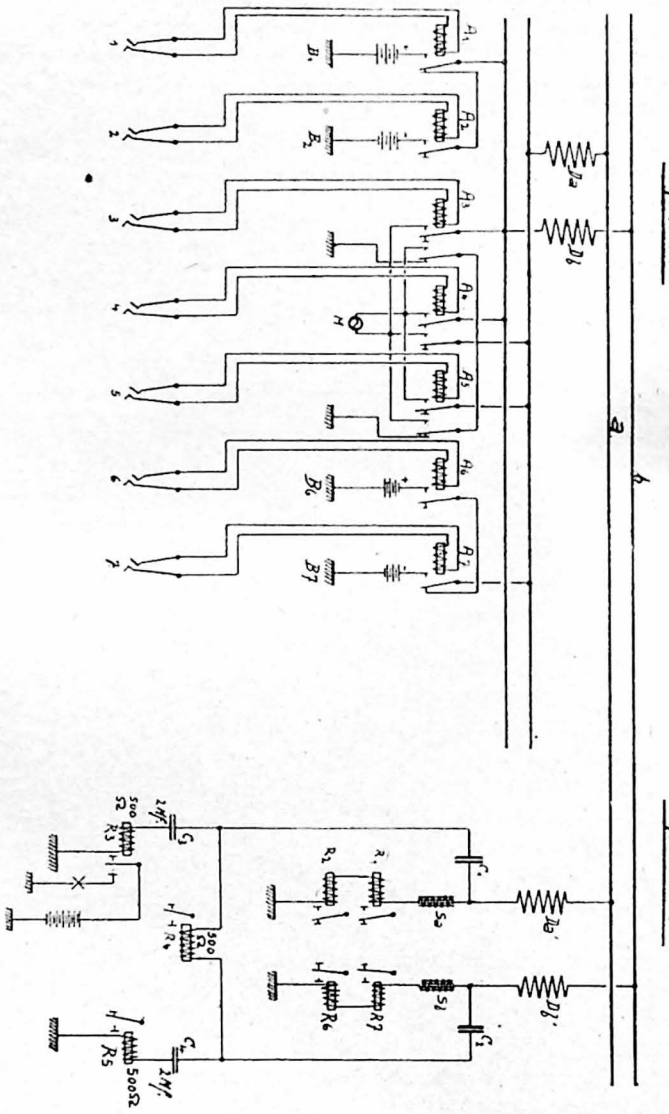
Schaltung der Klinken

In diese Systeme hinein arbeitet nun der Hochfrequenzapparat (Bild S. 272). Die vom Fernamt kommenden Anrufe gehen am Rufrelaisgestell als Wechselströme ein und betätigen hier verschiedene Relais. Relais 1 auf Amt A sendet beispielsweise einen positiven Gleichstrom über eine Leitung und Erde. Auf Amt B liegen zwischen Leitung und Erde zwei polarisierte Relais, von denen das eine nur auf die positive, das andre nur auf die negative Stromrichtung anspricht. Relais 2 auf Amt A löst einen Strom in entgegengesetzter Richtung aus, der das zweite polarisierte Relais auf Amt B in Tätigkeit setzt und das erste nicht betätigt. Auf dem andern Leitungsweg ist der Vorgang derselbe, so daß hier zwei weitere Rufmöglichkeiten bestehen. Der fünfte Anruf geschieht in der früher üblichen Weise, indem der normale Wechselstrom über beide Leitungen fließt, ohne die Erde zu benutzen. Dieser Anruf wird für das Niederfrequenzgespräch ausgenutzt, während die vier andern den Hochfrequenzgesprächen zugeteilt werden. Zwei weitre Rufmöglichkeiten bestehen noch, indem man über je eine Leitung und Erde Wechselstrom sendet. Den an den gleichen Leitungen hängenden polarisierten Relais schaltet man dann soviel In-



Ortsbatterie-Anruf

duktionswiderstand vor, daß kein wesentlicher Wechselstrom hindurchfließt, während der Gleichstrom durch Blockkondensatoren abgehalten



Hochfrequenz-Telephonbetrieb über gewöhnliche Leitungen

wird. Auch für beliebig viel Gespräche auf einer Leitung sind bereits Lösungen ausgearbeitet, die auf den bekannten Schaltungen der automatischen Ämter beruhen und lediglich in ihrer Anwendung neu sind.

Selbſtverſtändlich ſtören die Rufſtröme die Hochfrequenzgeſpräche in keiner Weiſe.

Der Überwachungsſchrank geſtattet, jedes Geſpräch dauernd mitzuhören, jedes einzelne Relais zu prüfen und den geſandten Anruf am Schranke ſelbſt zu empfangen. Er enthält außer Meßeinrichtungen für den Iſolationszuſtand der Leitungen noch beſondere Dienſtleitungen zu den angeſchloſſenen Fernamtſchränken und erlaubt, ſowohl mit dieſen wie auch hoch- oder niederfrequenzſeitig mit dem Gegenamt zu verkehren.

Die geſamte Anlage erhält den Speiſeſtrom für ſämtliche Lampen aus der Zentralbatterie des Amts. Die für die Senderröhren erforderliche Hochſpannung wird einer Hochſpannungsdynamo entnommen, die ſämtliche Apparate gleichzeitig ſpeiſt. Bei kleinen Anlagen werden kleine Hochſpannungsakkumulatoren verwendet, die aus dem Stadtnetz geladen werden.

Die bisherigen Erfahrungen haben gleiche Betriebsſicherheit ergeben wie für die gewöhnliche Telephonie.

Setzt man an Stelle des Telephons den Morſe- oder den Typendrucktelegraphen, ſo kann man in derſelben Weiſe telegraphieren wie man telephoniert. Bei den erſten praktiſchen Verſuchen zwiſchen Berlin und Frankfurt a. M. wurde mittels Hochfrequenz mit drei Siemens-Schnelltelegraphen täglich ſechs bis acht Stunden lang auf einer Doppelleitung gleichzeitig in beiden Richtungen telegraphiert und in jeder Minute 4500 Buchſtaben befördert, in 6 Stunden alſo 162 000 Buchſtaben oder 27 000 Wörter. Rechnet man ein Telegramm zu 10 Wörtern, ſo ergibt das 2700 Telegramme pro Tag. Das ſind Rekordleiſtungen.

Angeſichts dieſer Leiſtungen ſtellt die Hochfrequenztelegraphie und -telephonie auf Leitungen eine Neuerung dar, die ohne zu große Koſten das in traurigſtem Zuſtand befindliche telegraphiſche und telephoniſche Netz aller Länder der Erde in kurzer Zeit wieder inſtand ſetzen kann und den Bedürfniſſen der neuen Zeit nachzukommen in der Lage ſein wird.

Vom Schattenstab über die Normaluhr zum Weltzeitsignal

Dem Menschen ist die Ordnung von der Natur aufgedrängt worden. Denn würde die Sonne nicht Maß und Rhythmus in das menschliche Leben gebracht haben, so würde den Urmenschen vielleicht noch heut keine Stunde schlagen; wir liefen vielleicht noch immer als Primitive im Göttergarten der Natur herum und hätten wahrscheinlich bis jetzt noch keine Kultur entwickelt. Es war gewiß ein Luxus, als sich jemand, der schon bis zu dem Begriff der Zeit vorgeschritten war, einen Schattenstab aufstellte, damit ihm die Sonne daran die Zeit messe. Und es darf wohl weiter behauptet werden, daß die Wertung der Zeit zugleich ein Maßstab für die Kulturhöhe der betreffenden Epoche gewesen ist. Der Entwicklungsgang vollzog sich da bis auf den heutigen Tag ganz folgerichtig zu einer steten Verfeinerung der Zeitmessung. Als Tycho de Brahe auf Hven in der Uranienburg seine geschichtlichen Planetenbeobachtungen machte, war er froh, mit einer Quecksilberuhr die Sekunden leidlich genau zu haben; der heutige Astronom mißt auf seinen Chronographen hundertstel Sekunden und bemüht sich, diese so genau wie möglich zu erhalten in dem Streben, noch weiter in die Bruchteile unsrer kleinsten üblichen Zeitabschnitte hinabzusteigen. So hat sich die Messung der Zeit und ihre Einteilung von der rohen Unterscheidung zwischen Tag und Nacht über die Messung der Stunden an den Wasseruhren, die Minuteneinteilung der großen Meridiankreise wie in Delhi zu Huyghen's Pendeluhr und bis zum astrographischen Präzisionschronometer in steter Anpassung an die Kulturbedürfnisse jeder Zeitepoche langsam vollzogen.

Von genau gehenden Uhren konnte man erst sprechen, nachdem um die Mitte des 17. Jahrhunderts als Räderwerksregler das Pendel eingeführt war, das erst fast ein Jahrhundert später durch Grahams Erfindung des „Rostpendels" und Harrisons geniale Ausführung dieses Grundgedankens verbessert wurde. Harrison übertrug den Gedanken unter Mithilfe Leonhard Eulers auch auf die Unruhe der Schiffsuhr, die er dadurch ganz außerordentlich vervollkommnete.

Erst später kam man darauf, neben dem Stundenzeiger auch den Minutenzeiger einzuführen, und der Sekundenzeiger ist noch jünger. Beide waren auch noch nicht so nötig, denn es kam auf eine Viertel- oder halbe Stunde mehr oder weniger noch gar nicht an. Eisenbahnen konnte man noch nicht versäumen, weils noch keine gab, und Schwager Postillion wartete unter Umständen auch ein paar Minuten auf seine

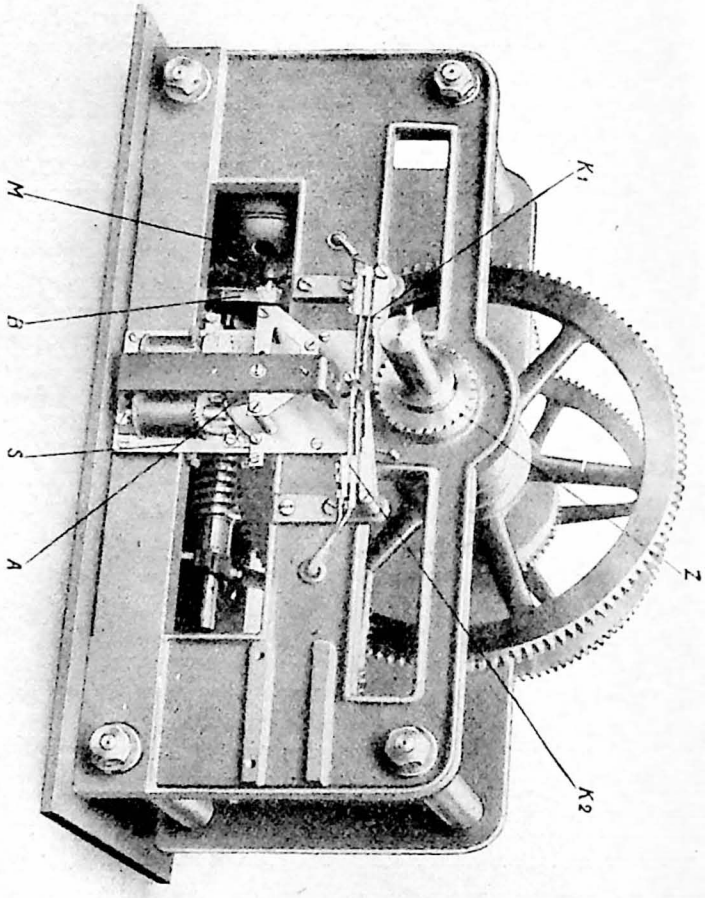
Reiſenden. Nur in Seeſtädten war man in dieſer Hinſicht etwas genauer, denn die Schiffe mußten für ihre Reiſe beſſer gehende Schiffschronometer haben, weil ſie ſie ja zur Ortsbeſtimmung auf See brauchten. Man richtete ſich dort nach den von der Sternwarte bedienten „Zeitbällen", d. ſ. weithin ſichtbare große Bälle, die punkt zwölf Uhr mittags von einer hohen Stange herabfallen; man ſtellt danach die Schiffsuhren. Ein andres Mittel hatte man in Paris ausfindig gemacht, um alle Uhren „genau" zu ſtellen. Punkt zwölf Uhr Mittag löſte man einen Kanonenſchuß und danach wurden die Uhren geſtellt. Paris aber war ſchon damals eine große Stadt, und wer 3 km von der Mittagskanone ab wohnte, bekam den Schuß erſt zehn Sekunden ſpäter zu hören, da der Schall ja bekanntlich in der Sekunde nur 300 m zurücklegt. So genau alſo ſtellte man die Uhren. Der Fehler war bereits beim Uhrenſtellen 10 Sekunden. Der Zeitball war deshalb ſtets ein viel beſſeres Signal, denn er benutzte zur Übertragung das Licht, deſſen Fortpflanzungsgeſchwindigkeit praktiſch unendlich groß iſt.

Die Übereinſtimmung der Uhren wurde mit einem Male eine zwingende Notwendigkeit, als die Eiſenbahnen auftauchten. Schon in den erſten Jahren ihres Beſtehens entſtanden Unglücksfälle durch die Uhrenabweichungen an verſchiedenen Orten. Von denjenigen, die die Wichtigkeit eines genau arbeitenden öffentlichen Zeitdienſtes erkannten und ſich für die Einrichtung eines ſolchen einſetzten, iſt beſonders Profeſſor Dr. Wilhelm Foerſter, der damalige Direktor der Berliner Königlichen Sternwarte, zu nennen, der zuerſt für Berlin ein ausgezeichnetes durch die Sternwarte geregeltes Normaluhrſyſtem einführte, das bis vor kurzem in Betrieb war und ein charakteriſtiſches Stück des Straßenbildes gewiſſer Berliner Plätze war. Dabei kamen natürlich weder akuſtiſche noch optiſche Methoden in Betracht, ſondern allein elektriſche.

Für die Einrichtung dieſes Netzes von ſieben Normalzeituhren wurde das „Uhrenſyſtem" gewählt, bei dem jede Uhr ein mechaniſches Gangwerk beſaß, das Waſſer- oder Handaufzug hatte, während die Regulierung alle zwei Sekunden von einer Stelle aus erfolgt. Im Gegenſatz dazu befürwortete Werner Siemens von Anfang an, den tieferen techniſchen Blick bekundend, das Zentraluhrenſyſtem, bei dem von einer Zentraluhr aus alle Nebenuhren bedient werden, die ſelbſt nur Zifferblätter mit elektriſchem Stellwerk ſind. Die Nachteile des komplizierten mechaniſchen Werks und ſeine Anfälligkeiten fallen damit weg und man kann dieſe unbedingt richtig gehenden, einfachen und keiner Wartung und keiner Reparatur bedürftigen Nebenuhren ohne Rückſicht auf leichte Zugänglichkeit allein nach praktiſchen und äſthetiſchen Rückſichten anbringen, wo und wie man wollte. Nach dieſen Geſichtspunkten ſind von Siemens & Halske zahlreiche Uhrenanlagen von kleinen Betriebs- bis zu den größten Städteanlagen gebaut worden. In manchen Fällen (Aachen, Königsberg) ſind dieſe Anlagen mit den

Feuermeldeanlagen verbunden worden, um doppelte Leitungen zu sparen, und dieses System hat sich vorzüglich bewährt.

Zu internationaler Auswirkung ist der Gedanke eines einheitlichen Zeitdienstes gelangt, als sich die drahtlose Telegraphie die ganze



Werk einer elektrischen Turmuhr

A = Anker
B = Bandbremse zur sofortigen Stillegung
K_1, K_2 = Kontaktfederpaare, durch A betätigt

M = Elektromotor
S = Motorschalter (polarisiertes Relaisuhrwerk)
Z = Zahnradtrieb, auf der Sekundenachse sitzend, betätigt K_1, K_2

Erde erobert hatte und die Zeitsignale für die Schiffahrt nicht bloß von den kleineren drahtlosen Küstenstationen, sondern von den Weltstationen wie Nauen in das Ätherreich der irdischen Atmosphäre hinausgefunkt wurden. Zwar hat die lokale Zeit, wie sie ein Zeitzeichen einer draht-

losen Station immer nur mitteilen kann, keine so internationale Geltung. Aber hier ist das Zeitsignal zu einer „Aufwertung" geschritten, deren Bedeutung sich über die Ortszeit erhebt; es vermittelt den Schiffschronometern auf schwankender See alltäglich den Anschluß an die richtige Zeit und damit zugleich den Anschluß an die feste Basis, durch die das bewegliche Schiff auf Grund der Ortsbestimmung mit Heimat und Ziel verkettet ist, glücklich, daß ihnen endlich überall die Stunde schlägt.

Zeitdienstanlagen in Betrieben und in der Öffentlichkeit

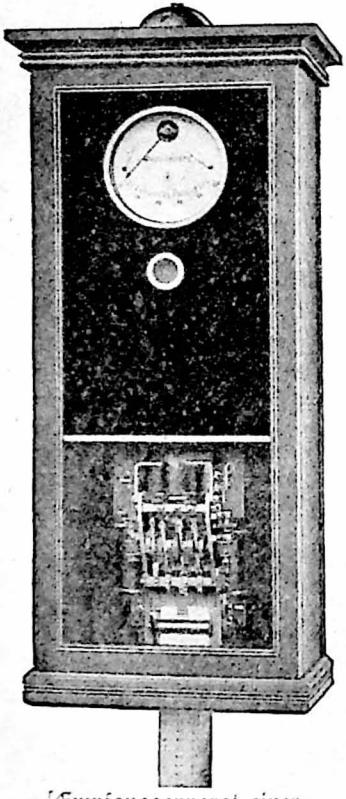
Die Taylorisierung des Arbeitsvorgangs wird von den meisten technischen Leitern industrieller Betriebe als die zukünftige Form jeder Arbeitsleistung angesehen. Da der Taylorisierung in erster Linie die Zeitstudie zugrunde liegt, so erkennen diese Männer damit unumwunden die Bedeutung genauer Zeitangaben und sorgfältiger Zeitüberwachung an. Umso bemerkenswerter ist, daß in vielen großen Fabriken und Geschäftshäusern diesem Umstande so überaus wenig Beachtung geschenkt wird. Die richtig gehende Uhr wird oft noch für einen Luxusgegenstand gehalten und man behilft sich dort, wo Uhren unbedingt gebraucht werden, mit scheinbar einfacheren, möglichst billigen mechanischen Zeitmessern, deren Gang nur sehr mangelhaft oder gar nicht überwacht wird. Daß solche falsch gehenden Uhren — und alle diese Uhren gehen mehr oder weniger falsch — überaus kostspielige Apparate sind, hundertfach teurer als die besten elektrischen Uhren, kann sich jeder Betriebsleiter in seinem Lohn- und Gehaltsbureau leicht ausrechnen lassen. Denn die zugunsten des Betriebes falsch gehende Uhr wird korrigiert, darum braucht sich der Fabrikleiter nicht zu sorgen, während das umgekehrte nicht immer der Fall sein dürfte.

Es sollte nachgerade auch Allgemeingut aller Wissenden sein, daß große Betriebe, seien es Behörden oder private, ohne genaue Zeitangaben überhaupt nicht reibungslos und gut arbeiten können und daß Präzision auf diesem Gebiete die Richtung des Fortschritts ist. Einer der ersten, der sich erfolgreich im Kampf um sorgfältige Bereitstellung genauer Zeitangaben für die Zwecke der Öffentlichkeit einsetzte und unermüdlich auf ihren Wert aufmerksam machte, war der Berliner Sternwartendirektor Professor Wilhelm Foerster, der zur Förderung der Technik des Zeitdienstwesens wesentlich beigetragen hat.

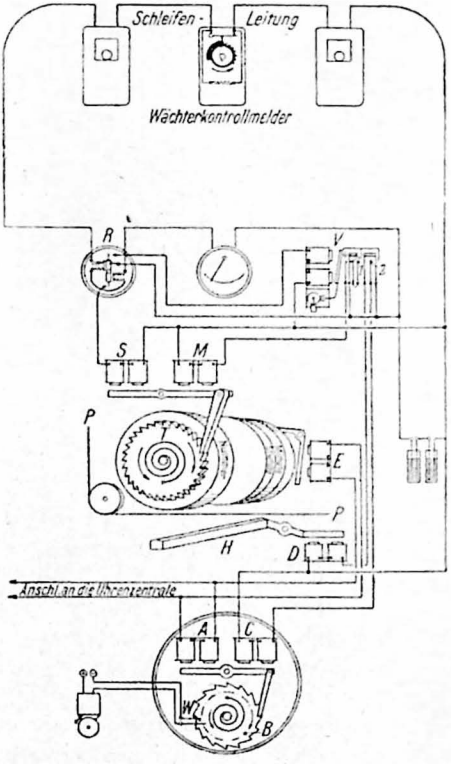
Jeder, der mit offnem Blick unsre öffentlichen Einrichtungen beobachtet, wird bemerkt haben, daß die meisten öffentlichen von zentraler Stelle aus regulierten Uhren das Zeichen der Siemensfirmen

tragen. Damit wird nur ein Stück Geschichte der Technik bezeugt, das eben besagt: auf diesem Gebiet hat diese Firma so hervorragendes geleistet, daß man ihr deshalb mit Recht überall begegnet. Es dürfte auch für breitere Kreise interessant sein, einmal einen Blick auf dieses Gebiet zu werfen, um zu versuchen, ihm in ihrem eignen Interesse etwas mehr Wohlwollen zu erringen.

Die Zentralisierung des Uhrenwesens ist notwendige und erste Vorbedingung für jede Bereitstellung genauer Zeitangaben. Sie ist



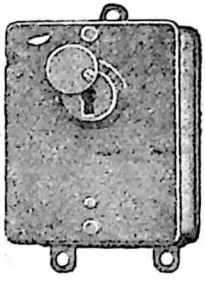
Empfangsapparat einer Wächter-Kontrollanlage



Schaltungsanordnung einer Wächter-Kontrollanlage

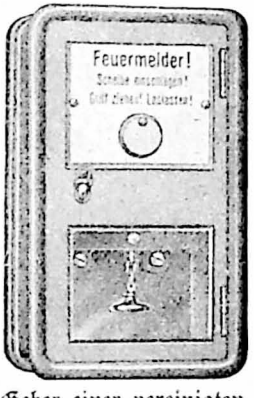
aber an den elektrischen Betrieb gekettet, denn es gibt schlechterdings keine andre Übertragungsart, die von einer oder weniger Stellen aus eine sofortige Übertragung auf beliebig viele Anzeigeinstrumente, hier also die Nebenuhren, ermöglicht. Dabei ergibt sich ohne weitres der günstige Umstand, daß sich die Sorge um den richtigen Gang des ganzen Zeitdienstnetzes (der Uhrenbetrieb ist ja nur ein Teil davon) auf ein einziges Instrument, die Hauptuhr, beschränkt. Geht diese richtig, so ist damit auch zugleich der richtige Gang aller Nebenuhren verbürgt, die

nur richtig wie die Hauptuhr oder, wie im Falle eines Defekts, gar nicht gehen können. Die Hauptuhr unterstellt man aber gern der Kontrolle einer Sternwarte, die die richtige Zeit täglich telegraphisch übermittelt. Die Hauptuhr ist gewöhnlich ein mechanisches Präzisionschronometer mit wärmeausgeglichnem Pendel, dem man ein Kontaktwerk beifügt. Die Antriebe beider Werke sind voneinander getrennt und geschehen durch Gewichte. Auf der Achse des Kontaktwerks sitzt ein doppelt armiger Hebel H (Bild a. fg. S.), dessen Arme mit ihren Spitzen abwechselnd auf den Zähnen eines vom Gehwerk langsam und stetig gedrehten Sternes T ruhen. Gibt dieser den Hebel frei, so macht er eine halbe Umdrehung, um mit dem andern Arme auf dem Stern zu rasten, bis ihn dieser frei gibt. Jede Rast dauert eine Minute. Während seiner Drehung schließt er einmal den Kontakt M_1 oder M_2 und gibt einen Stromstoß in die angeschlossnen Nebenuhren, die auf diese Weise in Minutensprüngen weitergeschaltet werden.



Melder einer Wächter-Kontroll-anlage

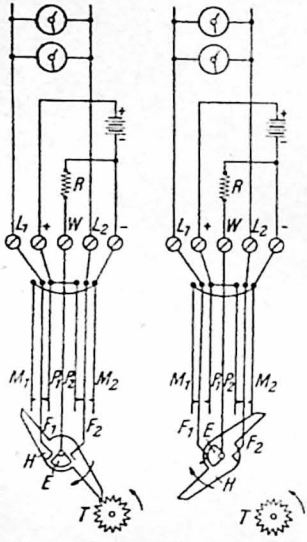
Es ist einleuchtend, daß diese einfache Anlage, die man für eine beschränkte Zahl Nebenuhren benutzen kann, wesentliche Verbesserungen und Vervollkommnungen erfahren hat, um sie den neuzeitlichen Anforderungen gewachsen zu machen. An Stelle der Hauptuhr tritt eine Zentraleinrichtung bestehend aus einer Hauptuhr, einer Reserveuhr sowie den notwendigen Relaisapparaten und Linienkontrolluhren. Die Relaisapparate sind notwendig, um die Stromstöße lange genug auf beliebig viele entfernt liegende Uhren wirken zu lassen und sie sicher zum Ansprechen zu bringen. Die Uhrenzentrale für ein ausgebreiteres Netz sieht dann bereits recht stattlich aus (Bild a. übern. S.). Und die Möglichkeiten sind recht gesteigert, denn man kann damit jede Uhr oder nach Belieben nur einzelne Uhren rückkontrollieren. Angesichts der übergroßen Einfachheit der Nebenuhren, die selbst dann noch einfach sind, wenn sie Schlagwerke haben, ist das glücklicherweise fast nie notwendig. Denn die Wirkweise dieser Apparate ist derart, daß eine aus irgendeinem Grunde in Unordnung gekommene Nebenuhr bei Übermittlung des nächsten Stromimpulses wieder richtig nachläuft und auch das Schlagwerk richtig einstellt.



Geber einer vereinigten Feuermelder- und Wächter-Kontrollanlage

Diese Möglichkeiten ergeben gegen mechanische Einzeluhren außerordentliche Vorteile. Jede mechanische Einzeluhr hat ein eignes Werk

mit eignem Gang und eignen Fehlern; man muß sie einzeln aufziehen, einzeln überwachen. Das ist bei den elektrischen Nebenuhren, die kein eigenes Gangwerk, sondern nur ein elektromagnetisches Schaltwerk haben, nicht notwendig. Sie bieten deshalb den Vorteil, daß sie an auch schwer zugänglichen Stellen angebracht werden können, weil das Aufziehen wegfällt. So ergeben sich aus der Natur ihres Betriebes auch ganz andre ästhetische Verwendungsmöglichkeiten, die namentlich bei Turmbauten angenehm hervortreten. Turm- und besonders Kirchturmuhren mit Schlagwerken sind gradezu eine Domäne des elektrischen Uhrenbetriebs. Ihr Betrieb läßt sich angesichts der gewaltigen Größe der Zeiger oft gar nicht anders bewältigen als maschinell, mit Hilfe des Elektromotors; denn das mechanische Werk gelangt an eine gewisse Größe, bei der die Bewältigung mittels Handbetriebs, Aufziehen des Lauf- und des Schlagwerks zur Unmöglichkeit wird; obwohl ein Motor nur verhältnismäßig geringe Stromkosten verursacht. Braucht doch die Riesenuhr am Siemensturm des Berliner Wernerwerks für die Bewegung der 3 ½ m langen beiden großen und des kleinen Zeigers von zusammen 14 Zentnern Gewicht nur $^1/_6$ Pferdekraft!

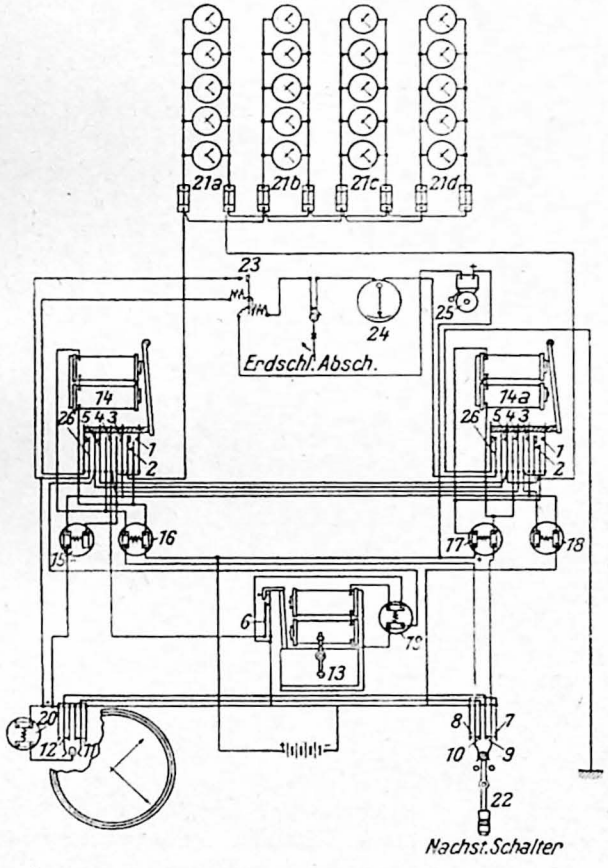


Hauptuhr-Kontakt einer einfachen elektrischen Uhrenanlage

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil elektrischer Uhrenanlagen ist, daß man ihnen eine ganze Reihe andre Anlagen wie Kontroll-, Sicherheits-, Signal-Einrichtungen angliedern kann. Sehr gebräuchlich sind z. B. automatische Pausensignalgeber geworden. Sie bestehen aus einer Signalscheibe, die man der Hauptuhr oder einer Nebenuhr beigibt. Diese Scheibe wird in einem halben oder einem ganzen Tage einmal gedreht und bewirkt durch Signalstifte, die in Löcher an ihrem Rande gesteckt sind, die Einschaltung von Weckern, Sirenen oder dgl. Andersgeartete Tageseinteilung etwa am Sonnabend und Sonntag kann man durch eine auf die Achse gesteckten Stern Rechnung tragen. Man hat es ferner in der Hand, die Dauer des Signals und der Pausenlänge durch Umstecken der Stifte nach Belieben zu verändern. Falls von verschiednen Belegschaften verschiedne Schichten gearbeitet werden, läßt sich die Anordnung so treffen, daß mehrere (bis zu 9 Stromkreisen) zu verschiednen Zeiten von einer Signaleinrichtung bedient werden können. Das dürfte selbst für die kompliziertesten Betriebe ausreichen.

Der Bedeutung der Zeitangabe im modernen Geschäfts- und Fabrikationsbetrieb entsprechend findet der Zeitstempel eine vielseitige

Anwendung, und die Zentraluhrenanlage ist wieder diejenige Stelle, von der aus diese Apparate eingestellt werden. Man braucht sie in der Registratur, in der Fernsprechzentrale zur Registrierung von Gesprächsanmeldungen, -verbindungen und -dauer, in Feuermeldeanlagen, für selbstregistrierende Meßapparate usw. Dabei ist die Unempfindlichkeit dieser elektrischen Apparate gegenüber mechanischen und der Fortfall

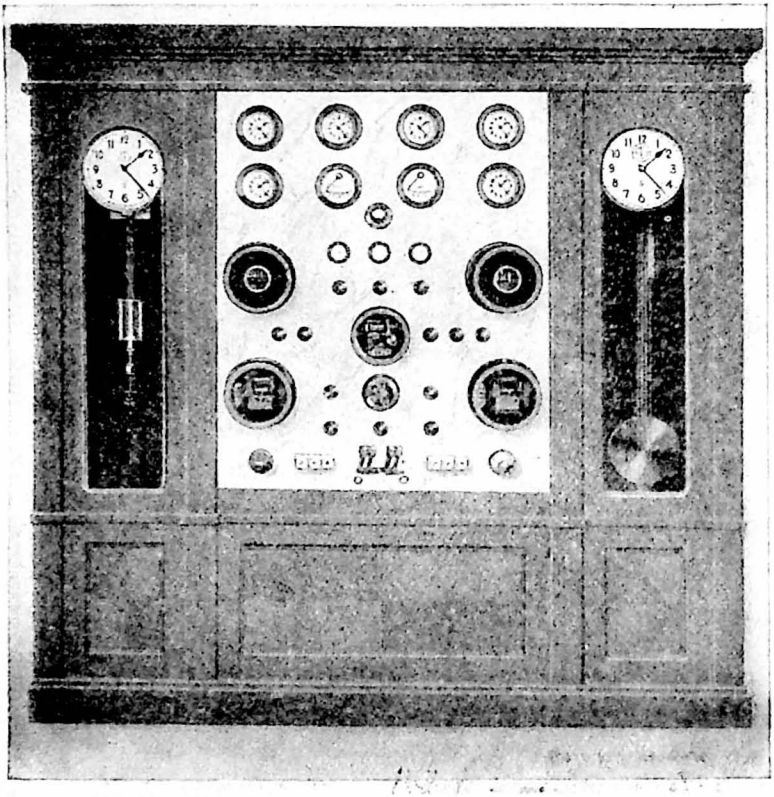


Schema einer elektrischen Uhren-Zentraleinrichtung

jeder Wartung von besonderm Vorteil. Die Fortschaltung der Zeit geschieht dabei nicht immer von Minute zu Minute, sondern vielleicht schon von zehn zu zehn Sekunden.

Ein weitres sehr interessantes an die Zentraluhr anschließbares Objekt ist der Arbeitszeit-Kontrollapparat, der nicht nur Zeitstempel ist, sondern in der Ausführung von Siemens & Halske auch die Berechnung der Löhne durch Kartenlochungen erleichtert

und abkürzt. Dieser Apparat gewährt weitgehenden Schutz gegen etwaige Fälschungen und nachträgliche Änderungen der Angaben. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Zeitstempelapparate ist bei Wächterkontrollanlagen nach dem Typendrucksystem gegeben. Hier registriert der Zeitstempel an dem Zentralapparat auf die Minute genau die Zeiten zu denen die Wächter auf ihrem Rundgange die einzelnen Kontrollapparate bedient haben, wobei gleichzeitig die Nummern dieser Apparate

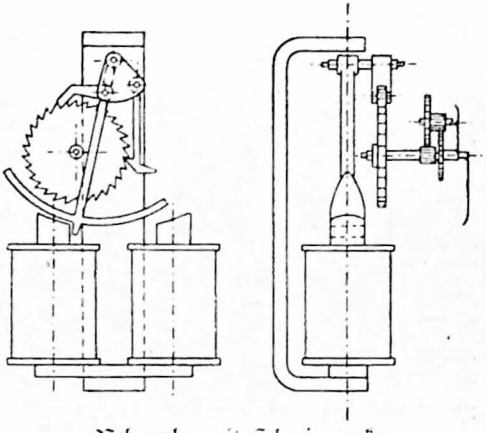


Elektrische Uhrenzentrale für sechs Linien mit allen zweckmäßigen Sicherheits- und Kontrollapparaten

aufgezeichnet werden. Man kann deshalb laufend die Rundgänge der Wächter überwachen und auch nachträglich den Weg feststellen, den ein Wächter gegangen ist.

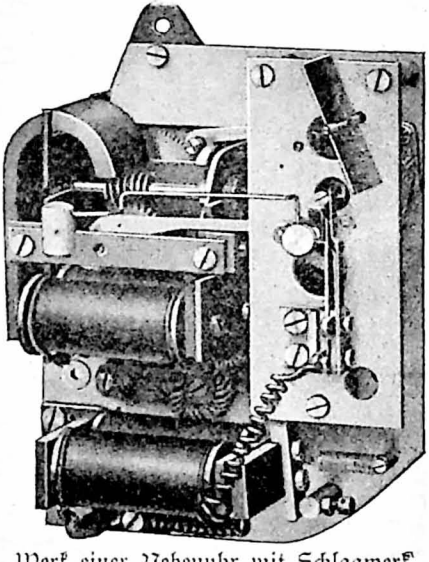
Man hat diese Wächterkontrollanlagen vielfach mit den Feuermeldern kombiniert. Dabei kennzeichnet sich die Feuermeldung durch einen Zusatz zum Stempelaufdruck und außerdem wird der Feueralarm eingeschaltet. Wertvoll ist eine andre Zusatzeinrichtung zu Wächterkontrollapparaten. Man erhält durch sie eine Signalisierung, falls

ein Wächter auf seinem Rundgang nicht in der vorgeschriebnen Zeit den nächsten Melder bedient, ganz gleich ob er durch eignes oder fremdes Verschulden daran gehindert wird. Dann ertönt am Empfangsapparat ein Weckzeichen, das veranlaßt, nach dem Verbleib des Wächters zu forschen, solange dazu noch Zeit ist.



Nebenuhr mit Schwinganker

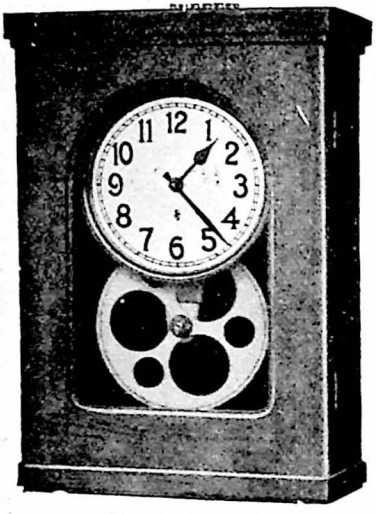
In vielen Industrien werden sich regelmäßig wiederholende Arbeitsvorgänge durch Anschluß an eine Zentraluhrenanlage automatisch angezeigt oder ausgelöst. In großen Mälzereien z. B. werden in regelmäßigen größern Zeitabschnitten Lüftungseinrichtungen, Transportvorrichtungen, Ventilsteurungen und ähnliches betätigt, in der chemischen Industrie werden auf gleiche Weise Rührvorrichtungen in Gang gesetzt, in der Gasfabrikation sorgt eine als „Hebelsteurung" bekannte Einrichtung in gleicher Weise für automatischen Betrieb. Solche selbsttätigen Einrichtungen machen den Betrieb von der Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals in weitgehendem Maße unabhängig. So können die Arbeitsoperationen pünktlich einanderfolgen und die Güte des Fabrikats ist durch die Stetigkeit des Arbeitsvorgangs besser gewährleistet.



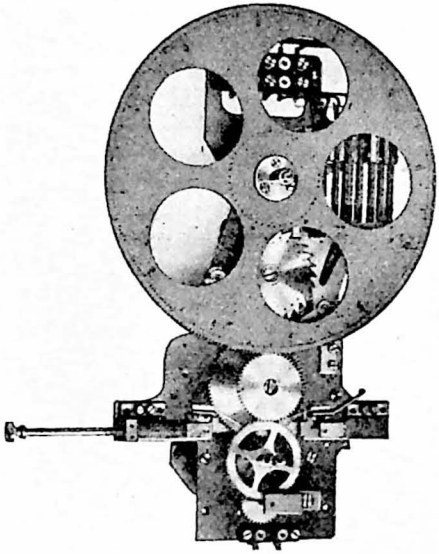
Werk einer Nebenuhr mit Schlagwerk

Schwachstromanlagen der beschriebnen Art tragen also in hohem Maße dazu bei, die Ordnung in der Betriebsführung aufrechtzuerhalten. Das aber ist die erste Vorbedingung für das wirtschaftliche Gedeihen eines Unternehmens. Deshalb dürfen Hilfsmittel solcher Art nicht als Betriebsluxus angesehen werden, der nur Geld kostet, sondern im Gegenteil als notwendige Vorbedingungen, aus den Betrieben das höchste herauszuholen, was sich überhaupt leisten läßt. Manche Fabrikleiter stecken

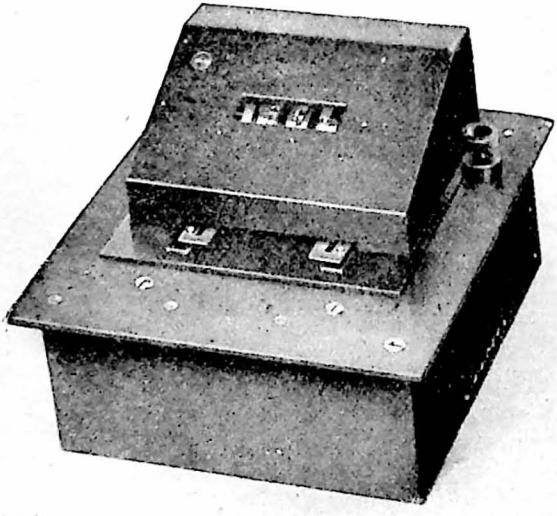
noch zu sehr in den Gesichtskreisen des Kleinbetriebes, den das Auge noch zu übersehen vermag. Im Großbetrieb ist die unmittelbare Übersicht nicht mehr denkbar, wenn nicht selbsttätige Hilfsmittel sie ersetzen. Das



Signal-Nebenuhr



Pausensignalgeber für neun Stromkreise

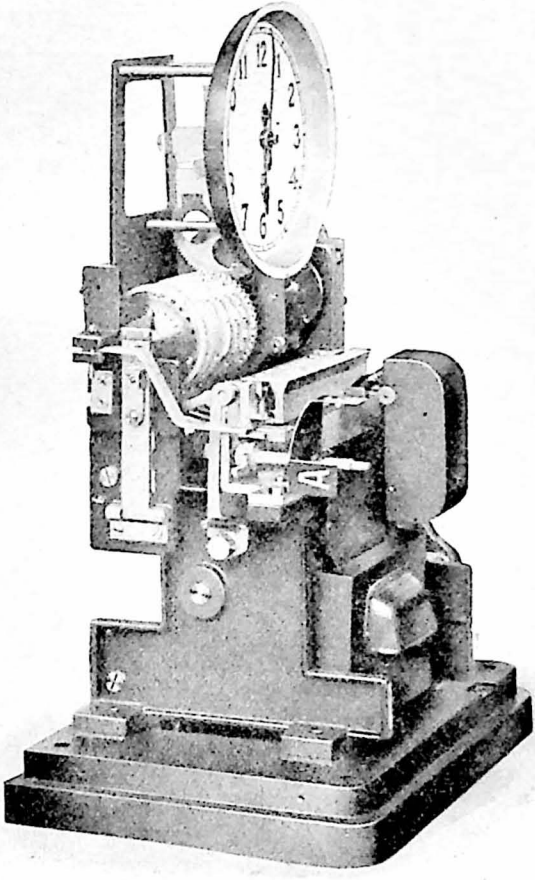


Zeitstempelapparat

gestatten die elektrischen Fernmeldeeinrichtungen, und darum sind sie ein so wichtiger Faktor im Wiederaufbau des deutschen Wirtschaftslebens.

Der Kurzschluß als Übeltäter

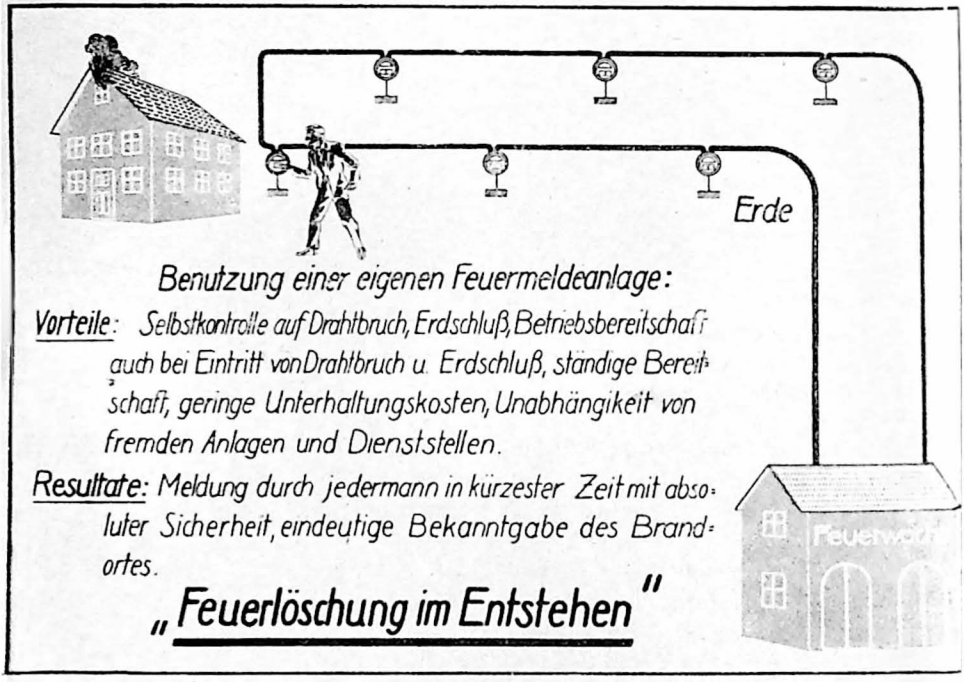
Als die Elektrizität sozusagen noch nicht erfunden war, gabs natürlich noch keinen Kurzschluß. Ein Glück, daß wir sie jetzt haben, sonst fänden wir für zahlreiche Brände keine Ursachen.



Werk eines Arbeitszeit-Kontrollapparats

Ein Kurzschluß ist die beste Ausrede, die man sich denken kann. Niemand sah ihn gewöhnlich, als er seine Untaten verübte, und nach dem Brande, der alles ruiniert hat, soll es wohl schwer halten festzustellen, ob wirklich der Kurzschluß der Übeltäter war, oder was sonst.

Ich persönlich glaube furchtbar wenig an den Kurzschluß, denn aus meiner ganzen Praxis ist mir nur ein Brand bekannt, der durch Kurzschluß entstanden ist, und zwar ein ganz kleiner in der Berliner alten Urania. Das war zu jener Zeit, als man die elektrischen Lichtleitungsdrähte noch in Holzkanäle verlegte. Aber wo die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker befolgt werden, da ist ein Brand durch Kurzschluß selbst durch merkwürdige Zufälle fast ausgeschlossen. Leider werden allerdings viele elektrische Lichtleitungen ganz unsachgemäß verlegt, und zwar immer dann, wenn irgendwo eine Licht-



anlage erweitert wird, ohne daß eine Kontrolle des stromliefernden Werks stattfindet. Bei allen meinen dementsprechenden Sünden — und die waren nicht unerheblich — ist mir nie ein Kurzschluß passiert, so leichtsinnig ich als Knabe auch manche Leitung gelegt habe. Die Kontrolle des Elektrizitätswerks erstreckt sich auf den Leitungswiderstand und die Isolationssicherheit; beides muß innerhalb gewisser Grenzen sein. Dann entsteht auch nie ein Brand.

Was ist denn nun eigentlich wissenschaftlich betrachtet ein Kurzschluß?

Ein Kurzschluß ist ein unerlaubter Weg des elektrischen Stroms zwischen zwei verschiedenpoligen Leitungsdrähten oder einen Leitungs-

draht und einem andern stromführenden Teile. Wo z. B. die Isolation schadhaft ist, kann sich der elektrische Strom leicht einen Weg bahnen, so daß er einen Übergang findet. Mitunter kann sich dabei auch ein elektrischer Lichtbogen entwickeln, und diese Fälle sind die gefährlichen. Denn es ist bekannt, daß der elektrische Lichtbogen ganz ungewöhnlich hohe Temperatur besitzt, so hohe, daß er alles umgebende in Brand zu setzen vermag. Aber solch Kurzschluß ist wie gesagt bei sachgemäßer Anlage der Leitungen äußerst selten, besonders bei den niedrigen Spannungen, die unsre Leitungen in den Häusern zu führen pflegen.

Unzweckmäßige Feuermeldung durch Benutzung des öffentlichen Fernsprechers.

Störungsmöglichkeiten: Drahtbruch, Erdschluß, Unzugänglichkeit des Fernsprechers, mangelhafte Übung im Gebrauch des Fernsprechers, Aufregung des Meldenden, unbrauchbar bei Gewitter, irrtümliche Auffaßung der Wache.

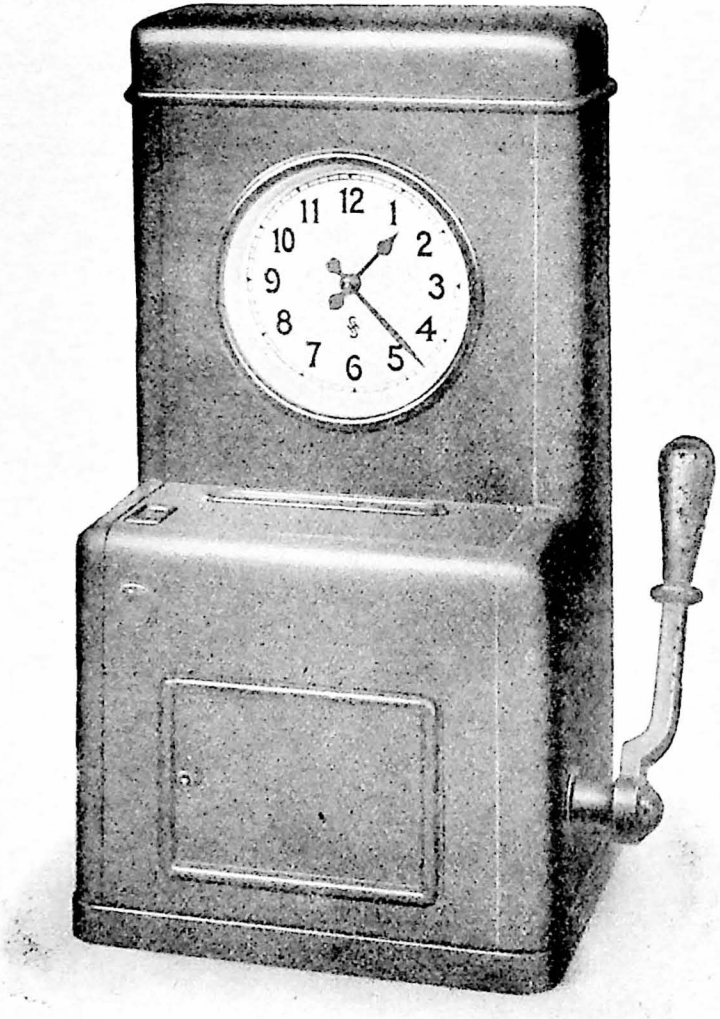
Resultate: Unsicherheit, Zeitverlust.

„Entwicklung des Brandes zum Großfeuer."

Die meisten großen Brände der Neuzeit waren in den ersten telegraphischen Meldungen immer Kurzschlußbrände. Nachher stellte sich die Sache immer anders heraus. — Daß man den Kurzschluß so rasch bei der Hand hat, kommt daher, weil die Redensart einen guten Eindruck macht, umsomehr, da es sich dabei um etwas „Elektrisches" handelt. Und da bei der Elektrizität eben alles möglich ist, beruhigt sich der Geist der braven Zeitgenossen und erklärt die Sache für erledigt und geklärt.

Ein typischer Fall dieser Art ereignete sich vor etwa zwei Jahrzehnten in Charlottenburg. Dort brannte in einem Neubau der Technischen Hochschule ein großer etwa 400 Personen fassender Hörsaal aus, und zwar so gründlich, daß die Flammen den darüber liegen-

den Dachstuhl völlig zerstörten. In einer Berliner Zeitung, die immer die erste zu sein pflegt, stand auch am andern Tage zu lesen, daß Geheimrat Slaby bei dem Brande sogleich zur Stelle war und



Arbeitszeit-Kontrollapparat

„feststellte", daß ein Kurzschluß die Ursache gewesen sei. Dem guten Herrn war es leicht, den aufdringlichen Berichterstatter auf diese Weise zu beruhigen und loszuwerden. In Wirklichkeit war der Brand auf ganz andre Weise entstanden! Einer der Assistenten hatte an einer

Projektionsbogenlampe gearbeitet und vergessen, diese abzustellen. Der Lichtbogen ist auf diese Weise bei dem Abbrand der Lichtkohlen immer länger geworden und unglücklicher Weise nicht erloschen, wie das sonst meist zu geschehen pflegt, wenn er eine gewisse Länge überschreitet. Schließlich erhitzte sich das Gehäuse so stark, daß die Umgebung Feuer fing und an den Bänken und dem hölzernen Podiumfußboden reichlich Nahrung fand.

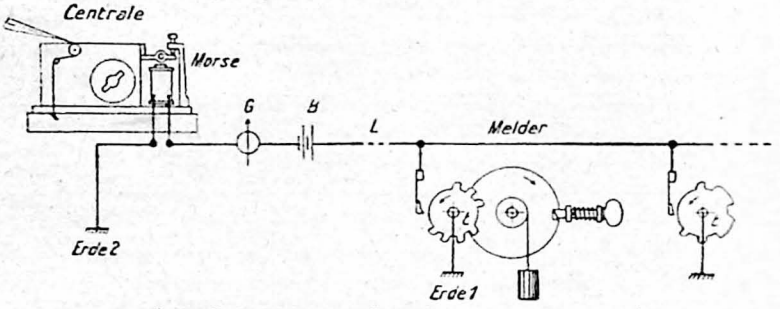
Nur ein Kurzschluß ist mir in heitrer Erinnerung. Bei Versuchen in einer großen Berliner Gesellschaft mit Hochfrequenzströmen konnte ich mir gewisse merkwürdige Erscheinungen absolut nicht erklären. Kollegen, der Laboratoriumsleiter, der Direktor, ein weltbekannter Elektriker und andere Herren kamen hinzu; alle zimmerten Theorien um die unerklärlichen Angaben der Meßinstrumente, und aus den Versuchsergebnissen zogen wir schon die kühnsten Schlüsse über neue Wunder der Elektrizität. Eine Stunde lang währte die Narrerei, bis uns endlich eine feine Rauchsäule aufklärte, daß ein feiner veränderlicher Kurzschluß uns an der Nase herumgeführt hatte. Daraus machten wir kurz Schluß. — Damals wars aber wirklich ein Kurzschluß!

Moderne Feuermelder

Eine der ersten praktischen Anwendungen, die die Elektrizität fand, war die der Feuermeldung, und die Firmen, die sich mit der Herstellung elektrischer Apparate befaßten, kamen fast gleichzeitig mit Feuermeldern auf den Markt. 1847 schrieb Werner Siemens an Halske: „Bestellungen, die uns ziemlich sicher sind, sind ferner eine Anlage in Berlin, um die Spritzenhäuser und Polizeibureaus durch Glockenwerke miteinander zu verbinden". Nach fünf Jahren wurde diese Anlage ausgeführt. Sie wurde mit dem Siemens'schen Zeigertelegraphen ausgerüstet, der noch bis 1905 in Dresden in Betrieb war.

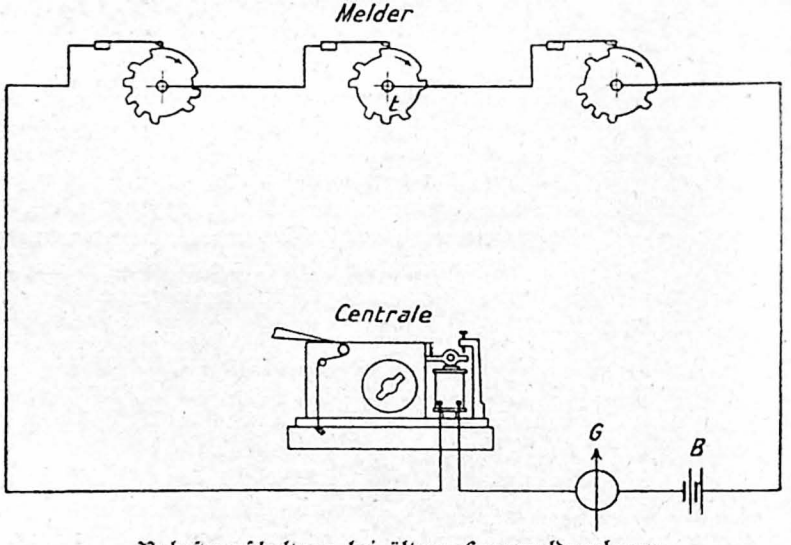
Auch in Boston wurden 1847 die ersten Feuermelder von Dr. Channing eingerichtet. In einer Beschreibung dieses Apparates sagt George Prescott, daß das Signal durch Umdrehen einer Kurbel gegeben wird, das immer korrekt sein wird, „so dumm auch die Person sein mag, die das Signal abgibt." Mit dieser Bemerkung wird ein hervorragend wichtiger Umstand getroffen, den alle Konstrukteure von Feuermelderanlagen beachten müssen: das Signal muß von der Unerfahrenheit, Unkenntnis und Aufgeregtheit des Meldenden unabhängig sein. Dazu ist aber die Drehkurbel noch nicht das geeignetste Mittel. Siemens hatte deshalb einem mechanischen Laufwerk, das durch Zug an einem Handgriff ausgelöst wurde, die Aufgabe des Signalgebens übertragen und damit grundsätzlich eine vorbildliche und bis auf den heutigen Tag maßgebende Lösung gegeben.

Die Betätigung des Melders ist auf die verschiedenartigste Weise versucht worden. Griffhebel, Zug, Druckknopf, Drehkurbel und dgl. sind ja die für solche Fälle üblichen Formen. Am wichtigsten ist in jedem Falle die sichre Abgabe der Meldung. Zweckmäßig, wird der Feuer-



Schema der ältesten Feuermeldeanlage von Werner Siemens aus dem Jahre 1850

melder selbst mit einem Alarmwecker ausgerüstet, der ertönt, wenn die Meldung richtig vollzogen ist. Dieser Wecker dient dazu, das Publikum auf die erfolgte Meldung aufmerksam zu machen, um bei einer

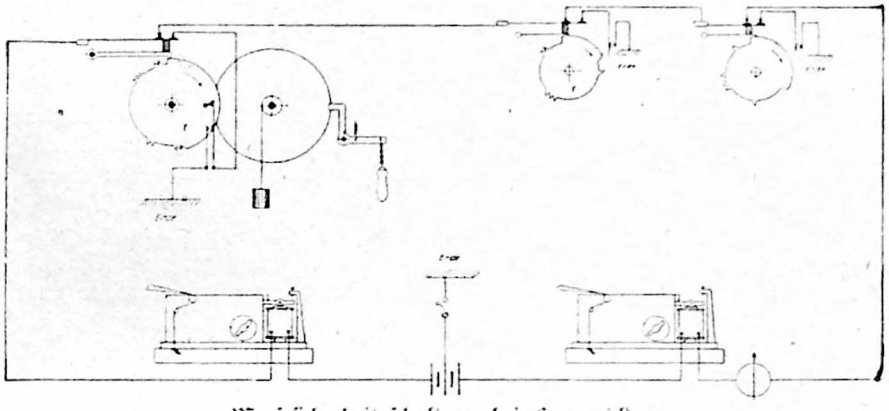


Ruhestromschaltung bei ältern Feuermeldeanlagen

mißbräuchlichen Betätigung den Missetäter, bevor er davoneilt, erkennen und feststellen zu können.

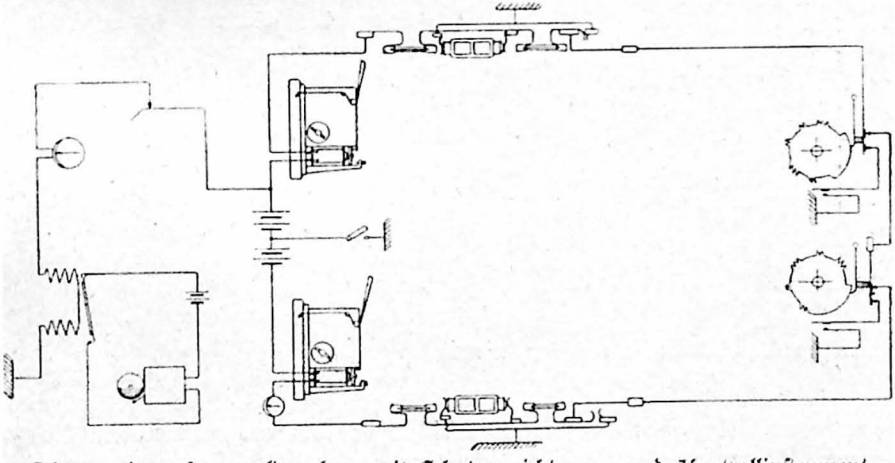
Schon der erste Feuermelder, der von Siemens 1850 konstruiert und bei der Berliner Feuerwehr benutzt wurde, ist für alles spätre grundlegend geworden. Er bestand aus einem Laufwerk, das

nach Auslösung eine Typenscheibe in Umdrehung versetzt (s. Bild a. vorang. S.). Solche Melder wurden in beliebiger Zahl durch Strahlenleitungen mit der Feuerwehr verbunden. Sie gaben ihre Meldungen an einen Morse-



Morsesicherheitsschaltung bei Feuermeldern

apparat, der die Meldung nach dem für jeden Melder besonders gezahnten Typenrade aufzeichnete, so daß der Meldeort auf der Wache deutlich erkannt wurde. Als Rückleitung wurde die Erde benutzt.

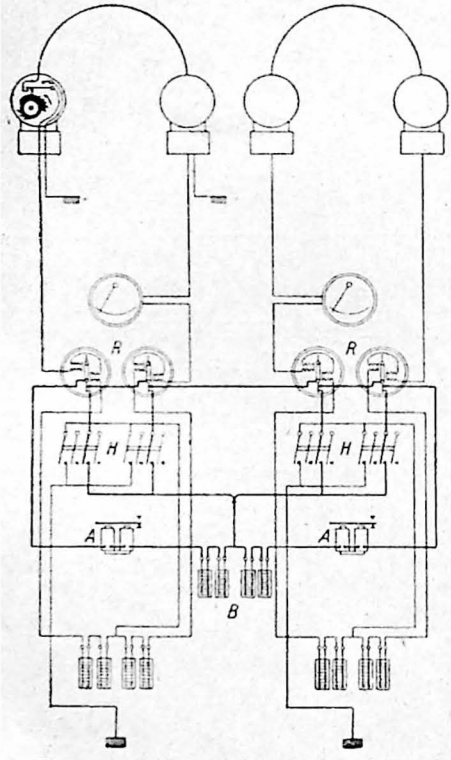


Schema einer Feuermeldeanlage mit Schutzvorrichtungen und Kontrollinstrument

Diese Schaltung hatte noch einige Mängel. Da sie nämlich Arbeitsstrom verwendete, war es ausgeschlossen, in jedem Augenblick festzustellen, ob sie überall voll arbeitsfähig war. Ein Drahtbruch setzte alle dahinter liegenden Melder außer Betrieb. Siemens führte daher 1878 den Ruhestrom ein, eine Anordnung, wie sie

in den Grundzügen im 2. Bilde zum Ausdruck kommt. Hierbei liegen alle Melder in einer einzigen großen Drahtschleife. Wurde die Linie durch einen Drahtbruch unterbrochen, so fiel der Anker des Morseapparats ab, setzte den Papierstreifen in Gang und ließ so erkennen, daß die Leitung gestört war, denn ein Melder hätte sein ihn kennzeichnendes Signal auf dem Papierstreifen geben müssen.

Eine Meldeanlage nach dem 2. Bild (2 S. vorher) hatte aber den Nachteil, daß sie betriebsunfähig war, solange ein aufgetretner Fehler nicht behoben wurde. Diesen Nachteil vermied die Ende der neunziger Jahre ausgebildete Morse-Sicherheitsschaltung (vorang. Seite), bei der zwei Morseapparate aufgestellt wurden, in deren Verbindungsleitung die in der Mitte geerdete Batterie eingeschaltet wurde. Auch die einzelnen Melder wurden geerdet, so daß im Falle eines Leitungsbruchs oder bei gleichzeitiger Auslösung zweier Melder der Linienstrom seinen Weg über die Erde des ausgelösten Melders zur Erde der Batterie fand; die Meldungen wurden daher nicht verstümmelt und gingen auch nicht verloren. Die Ausdehnung der Anlagen und die höheren praktischen Ansprüche an ihre Leistungsfähigkeit veranlaßten die Ausbildung besserer Kontrolleinrichtungen, die man durch den Einbau direkt zeigender Meßinstrumente erzielte. Das im Bilde (S. vorher) eingezeichnete Meßinstrument läßt jede Veränderung im Zustande der Anlage erkennen. Um aber auch einen Erdschluß zu erkennen, ist ein im Abzweig über hohen Widerstand an Erde geschaltetes Instrument vorhanden, das durch eine Weckeinrichtung ergänzt ist. Gegen atmosphärische Ladungen und Blitz schützt eine Blitzschutzsicherung. Man hat diesen Anlagen noch Zeitstempel, sowie selbsttätige Alarm- und Lichtschalter usw. beigegeben.



Schema des Siemenssystems der Normaltafel für zwei Linien

In Amerika war man inzwischen eigne Wege gegangen. Aus den Kreisen der leitenden Feuerwehrtechniker wünschte man hier auch viel-

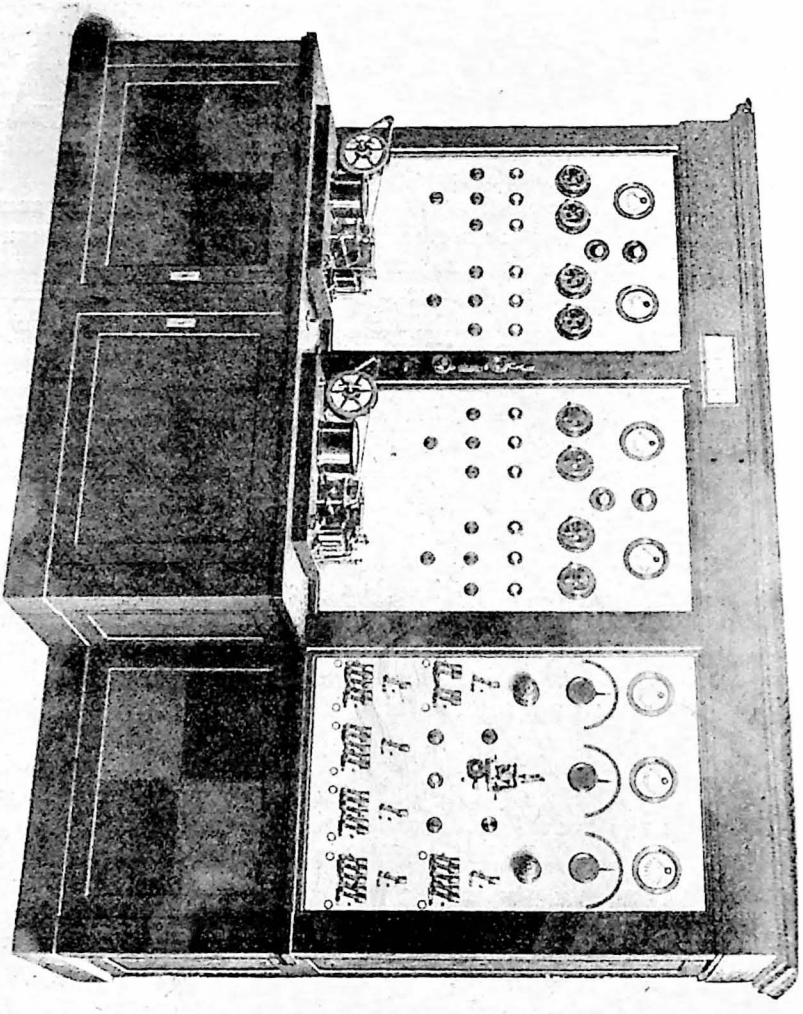
fach ein Melderſyſtem, das dem amerikaniſchen ähnlich war. Es wurde deshalb ein dem Game-Syſtem ähnliches geſchaffen, daß außer der Morſeregiſtrierung mit Hilfe von Einſchlagweckern und geeigneten Relaiszuſammenſtellungen die Nummer des Melders in zu Zahlen gruppierten Einzelſchlägen durch den Alarm ſowie durch ein Lichttableau gleich allen Mannſchaften bekannt gab. Dieſes Einſchlagglockenſyſtem iſt recht koſtſpielig und reichte, wie ſich anläßlich des Brandes der Hamburger Gasanſtalt ergab, letzten Endes doch noch nicht aus. Das gab Veranlaſſung zur Ausbildung des Siemensſyſtems, das ſich das Ziel ſetzte, bei möglichſt einheitlicher Ausgeſtaltung den verſchiedenſten Wünſchen und allen techniſchen Notwendigkeiten gerecht zu werden.

Dieſes neue Syſtem verringerte die Zahl der Morſeapparate auf ein Mindeſtmaß, ließ ſowohl die Verwendung von Raſſel- wie auch die von Einſchlagweckern zu und ſtellte, um den Eingang mehrerer gleichzeitiger Meldungen nicht zu ſehr zu verzögern, für zwei Linien einen Doppelregiſtrierapparat auf. Die Schaltung iſt nach Bild (a. vor. S.) ausgeführt. Die eingehenden Meldungen werden von zwei Relais R aufgenommen, ſo daß für zwei Schleifen vier Relais notwendig ſind. Die Kontakte dieſer 4 Relais liegen in einer Lokalſchleife. Wird ein Melder ausgelöſt, ſo fallen die Anker von zwei Linienrelais R ab. Dabei ſchließen ſie einen Nebenſtromkreis, der während der Dauer der Meldung mit Hilfe eines Verzögerungsmechanismus zwei Vielfachrelais H unter Strom hält. Mit Hilfe dieſer Vielfachrelais werden die Alarmwecker, der Regiſtrierapparat u. a. eingeſchaltet, aber auch die Kontakte der Linienrelais mit einer Hilfsleitung verbunden, die an die Mitte der Lokalbatterie B führt, ſo daß nunmehr eine Morſeſicherheitsſchaltung entſteht, bei der die Erdleitung durch eine lokale Hilfsleitung erſetzt iſt. Treten zwei Melder gleichzeitig in Tätigkeit, ſo werden ihre Zeichen nebeneinander gleichzeitig mit dem Aufdruck der Zeit verzeichnet.

In jedem Fall kommen die Meldungen ganz gleichartig ein, ob die Schleife gebrochen iſt oder nicht. Dieſes Syſtem iſt unter dem Namen Siemensſyſtem I bekannt. Es läßt ſich in einfacher Form ausführen, bloß mit Raſſelweckern für den Mannſchaftsalarm.

In der Folge hat man es mit Einſchlagglocken und Nummernapparaten ausgeſtattet. Die Alarmwecker geben in dieſem Fall die Nummer des Melders in zu Zahlen gruppierten Einzelſchlägen wieder, und der Lichtſchalter beſorgt das Einſchalten der drei Lampen eines Lichttableaus, die der Nummer des ausgelöſten Melders entſprechen. Wird ein zweiter Melder ausgelöſt, ſo wird die Meldung nur vom Regiſtrierapparat aufgenommen, weil das zweite für jede Linienkombination vorgeſehene Alarmübertragungsrelais ſodann geſperrt iſt. — Eine automatiſche Rückſtellvorrichtung ſtellt nach gewiſſer Zeit die Ruheſtellung wieder her. Dieſes Syſtem, das ohne menſchliches Zutun arbeitet, heißt das Siemensſyſtem II.

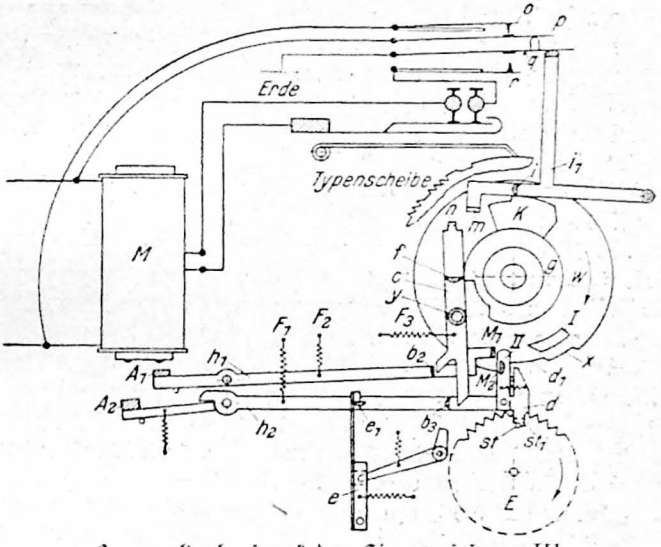
Um aber auch den weitestgehenden Anforderungen zu genügen, ist noch ein Siemenssystem III ausgebildet worden, bei dem alle Melder der Anlage gleichzeitig in Tätigkeit treten können. Die Schaltung ist gegenüber dem System II nur wenig geändert, wohl aber der



Zentrale einer größeren Feuermeldeanlage für vier Meldeschleifen

Feuermelder. Dieser hat nämlich noch eine elektrische Arretierung mit Doppelanker A_1 A_2 am Elektromagneten M (Bild a. f. S.) bekommen. Die Spule dieses Magneten hat durch die Kontakte op im Ruhestande einen Kurzschluß, der beim Melden mechanisch ausgelöst wird. Nun durchfließt der Linienstrom die Wicklung und gibt durch Anziehen eines

Ankers die Typenscheibe zum Ablauf frei. Wird während des Ablaufs ein zweiter Melder gezogen, so veranlassen die Unterbrechungen des ersten, daß der Anker des zweiten wieder abfällt, noch ehe die erste Unterbrechung an der Typenscheibe erfolgt. Das so wieder arretierte Werk wird von der Zentrale erst elektrisch ausgelöst, kann dann erst ablaufen und seine Meldung abgeben. Es können daher stets nur zwei Melder aus je zwei Linien gleichzeitig ablaufen, und zwar immer die jenigen, die der Zentrale am nächsten liegen. So viel Linien vorhanden sind, soviel Melder können gleichzeitig melden. Dabei wird der einmal alarmierte Apparat nicht nach öfter alarmiert, während das Lichttableau durch Lichtschrift die mehrfache Meldung anzeigt.

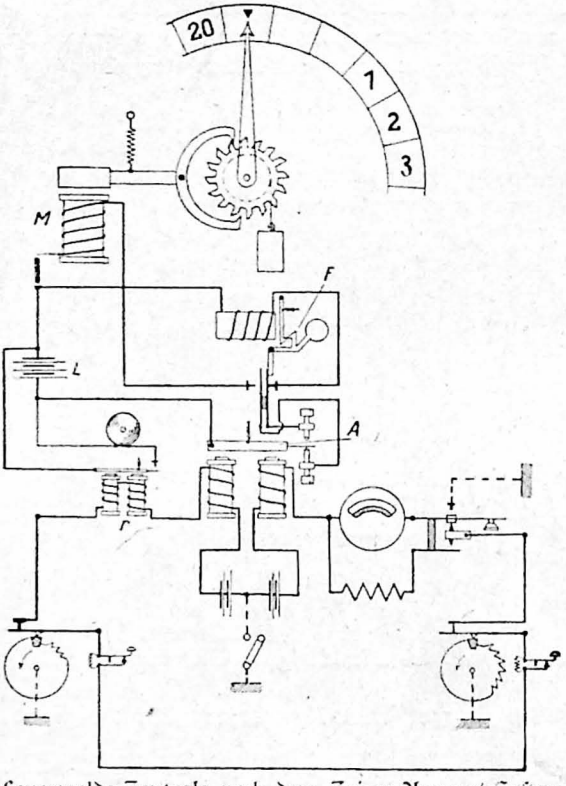


Feuermelderlaufwerk des Siemenssystems III

Noch eine wichtige Maßnahme ist erwähnenswert. Wird die Erde als Hilfsleitung benutzt, so könnte ein einem schon ablaufenden, alarmgebenden Melder vorgelagerter ebenfalls ablaufen und den Alarm verstümmeln. Dadurch jedoch, daß die Werke der betätigten Melder nach der mechanischen Entarretierung zunächst eine kurze Zeit ablaufen, ohne sich an Erde zu legen, wird solche Störung verhindert. Die Arretierung bleibt solange bestehen, bis der laufende alarmierende Melder völlig abgelaufen ist. Erst dann gibt ein von der Zentrale selbsttätig ausgehender kräftiger Stromimpuls den arretierten Melder frei, so daß er nunmehr selbst ablaufen und melden kann.

Die ausgezeichnete Bewährung dieses Systems seit neun Jahren auf einer großen Berliner Feuerwache veranlaßte die Behörde, das Siemenssystem III trotz seiner Kostspieligkeit in ganz Groß-Berlin nach

und nach einzuführen. Auch in Dresden ist eine große Wache damit ausgerüstet worden. Da es das einzige System ist, das alle in Betracht kommenden Umstände berücksichtigt, sollte es für große Städte bevorzugt werden. Für kleinere dagegen reichen die Systeme I und II aus, für kleine sogar das seit zwei Jahrzehnten bereits eingeführte, technisch sowohl wie wartungs- und bedienungsmäßig außerordentlich einfache Zeigerapparatsystem. Ein Schaltschema dafür zeigt unser Bild unten. In einer Schleife liegen zwei Relais und ein Kontrollinstrument.

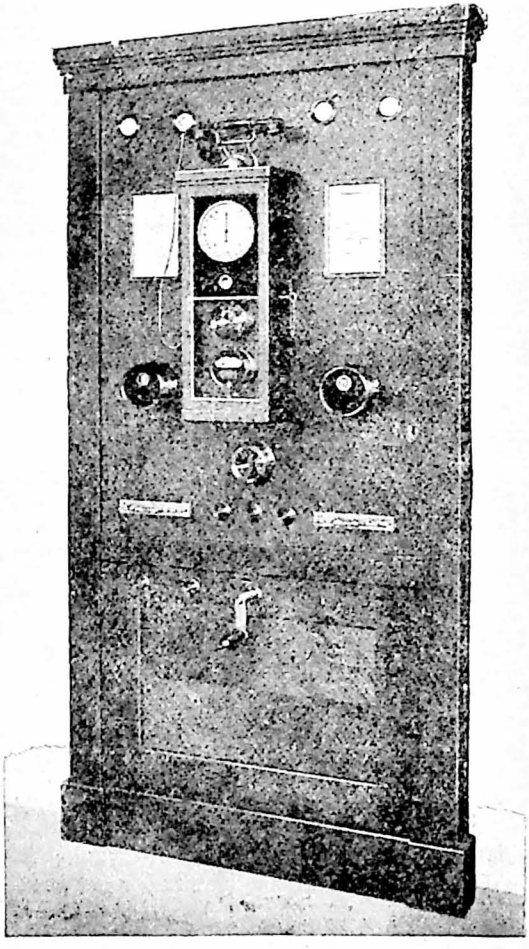


Feuermelde-Zentrale nach dem Zeiger-Apparat-System

Das Relais r tritt bei Stromschwächung in Tätigkeit und schaltet den Rufwecker ein, ein zweites Relais mit Anker A spricht nur auf Unterbrechungen an; es besitzt zwei Wicklungen, zwischen die die Linienbatterie geschaltet ist. Durch dieses Relais wird ein Lokalstromkreis betätigt, in dem eine Batterie L, der Elektromagnet eines Fortschaltmechanismus, der Elektromagnet einer Fallscheibe und der schon genannte Rufwecker liegen.

Wird ein Melder gezogen und beginnt die Scheibe zu laufen, so wird der Strom im Linienkreise unterbrochen; der Anker A fällt ab und schaltet den Lokalstrom von L auf die Fallscheibe F, die ebenfalls abfällt und den Lokalstrom nunmehr auf den Fortschaltmechanismus M leitet. Dieser nimmt dann die Schlüsse und Unterbrechungen auf und überträgt sie auf den Zeiger, an dessen Stellung in der Skala man den gezognen Melder erkennt. Der Anker M gestattet die Rückstellung des Zeigers nur nach Heben der Fallklappe F, so daß die Fallklappe keine Meldung anzeigen kann, wenn das nicht auch der Zeiger tut. Wenn die Scheibe abläuft, schaltet das zweite Relais r durch Ankerabfall den oder die Rufwecker ein.

Anders verläuft der Vorgang bei Leitungsbruch. Auch dann fällt der Anker A sowie die Fallscheibe F ab. Man kann die Fallscheibe auch nicht zurückstellen, weil sie von dem Anker nicht gehalten wird, sobald man sie anhebt, weil dann nämlich der Lokalstromkreis geschlossen wird, der ihren Abfall bewirkt. Der Aufwecker ist gleichzeitig durch das Relais eingeschaltet und ertönt dauernd. Man kann ihn erst zur Ruhe bringen, indem man einen neben der Fallscheibe angebrachten Schalter umlegt, der gleichzeitig die Mitte der Linienbatterie an Erde legt. Dann erhält die eine Spule des Linienrelais Strom, und die Meldung erfolgt wie bei geschlossner Schleife.



Normaltafel einer Feuermeldeanlage nach dem Zeiger-Apparat-System

Auch telephonische Verständigung ist beim Zeigerapparatsystem möglich. Die Wohlfeilheit dieses Systems und die Einfachheit der Bedienung hat ihm weite Verbreitung verschafft. Man kann bis zu 20 Melder auf einen Anzeigeapparat schalten. Man darf aber nicht übersehen, daß gleichzeitig ausgelöste Melder sich gegenseitig stören; deshalb wird man überall da, wo gleichzeitige Auslösung vorkommt, und wo es nicht möglich ist, das zu schützende Gebiet zu übersehen und im Falle mehrfacher gleichzeitiger Auslösung die gefährdeten Stellen leicht und schnell zu finden, zu einem der vorerwähnten Systeme greifen.

Neben diesen Feuermeldern gewinnen in neuerer Zeit die *selbsttätigen Melder* mehr und mehr an Bedeutung, die im folgenden genauer behandelt werden sollen.

Statistischer Nachweis der Wirkung von Feuermeldern

Wie wichtig zuverlässig arbeitende Feuermelder sind, geht aus der alten Erfahrung hervor, daß rechtzeitig bemerkte Brände von gut organisierten Wehren stets gemeistert werden. In Bremen hat man die Löschdauer der Brände einmal zahlenmäßig festgestellt. Danach wurden von 439 Bränden gelöscht:

Sofort bei Ankunft der Feuerwehr	in ¼	½	¾	1	1½	2½	3	4	5 Stunden
338	15	31	21	14	11	4	2	1	2 Brände.

Daraus geht hervor, daß die meisten Brände schnell gelöscht werden, wenn die Feuerwehr rasch zur Stelle ist. Brennt jedoch Feuer längere Zeit, ohne daß es bekämpft wird, so wird eine Löschung immer schwieriger und langwieriger. Alle Städte, die wie z. B. Berlin über eine erstklassige Feuermelderanlage verfügen und deren Wehr gut organisiert und ausgebildet ist, werden deshalb von schweren Feuerschäden nur selten betroffen.

Welche Bedeutung eine gut geschulte und rechtzeitig herbeigerufne Feuerwehr hat, kann man gut aus den Brandstatistiken ersehen, wie sie z. B. für London vorliegen. Dort betrug

im Jahr	Zahl der kleinen Brände	Zahl der großen Brände	Zahl aller Brände	% Satz der großen Brände	
1866	1012	325	1335	24,2	
67	1152	245	1397	17,6	
68	1435	233	1668	14,1	
69	1373	199	1572	12,6	
70	1670	276	1946	14,2	
71	1635	207	1842	11,2	
72	1374	170	1544	11	
73	1382	166	1548	10,7	10,3
74	1419	154	1573	9,8	
75	1366	153	1519	10	

Diese Zahlen aus der Zeit starker Entwicklung der technischen Feuerschutzmittel beweisen, daß trotz der infolge der industriellen Entwicklung gewaltig gesteigerten Brandgefahr der Anteil der großen Brände stark verringert wurde, weil die Meldung und Bekämpfung schneller erfolgte.

Entsprechende Zahlen für Berlin sagen dasselbe:

1873	875	28	901	3,1	
74	906	26	932	2,8	2,8
75	983	26	1009	2,6	

Mit der Vervollkommnung der Feuermelderanlagen rückt die Wehr immer schneller heran und findet die meisten Brände erst im Entstehen vor. Langsamer Alarm dagegen verzögert das Eingreifen und läßt den Feuerschaden selbst nach glücklicher Löschung immer größer werden. Daß es dabei außerdem auf die Vorzüglichkeit der Wehr, auf die

Schnelligkeit ihres Anrückens mit Automobilen und der Güte ihrer Lösch- und Hilfsgeräte ankommt, ist selbstverständlich. Aber soviel ist sicher: Wohl ist es möglich, daß eine nicht erstklassig ausgerüstete Wehr einen schnell angemeldeten kleinern Brand wirksam bekämpft. Daß aber ein großer Brand, selbst von einer mit den besten Mannschaften und Geräten ausgestatteten Feuerwehr immer so bekämpft werden kann, daß der Feuerschaden erträglich bleibt, ist keineswegs so sicher. (Siehe auch die Bilder auf Seite 158.)

Der elektrisizierte Kreisel und seine technischen Anwendungen

Der Kreisel als antikes Kinderspielzeug

Besser als durch die alte Literatur, die uns aus dem Altertum nur sehr spärlich überkommen ist, werden wir durch die noch vorhandenen antiken Kunstwerke über gewisse, gerade den modernen Menschen interessierende Dinge aufgeklärt. Manche dieser Kunstwerke bieten uns überraschende und anziehende Bilder von dem intimen täglichen Leben der antiken Hellenen. Auf einigen erhaltenen Vasen sehen wir auch ein Spielzeug abgemalt, das noch heute unsern Kindern als „Saisonspielzeug" im Frühling unerschöpflichen Stoff zur Belustigung gewährt, den wahrhaftigen Kinderkreisel. Sogar einige regelrechte Kreisel sind erhalten geblieben, genau solche, wie sie unsre Kinder noch heute mit der Peitsche antreiben.

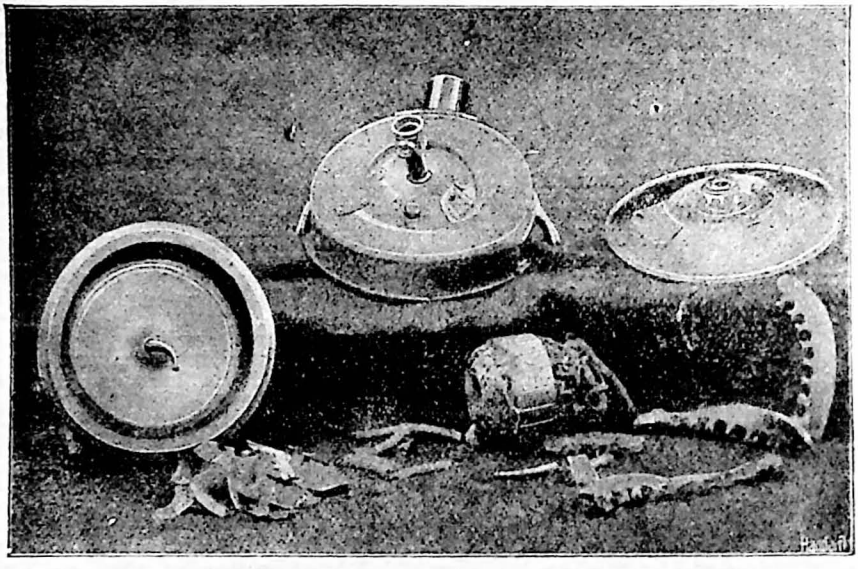
Der moderne Kreisel und seine Theorie

Der Kreisel ist also schon ein recht altes Instrument. Um so bemerkenswerter ist es, daß der Kreisel als Problem erst in der neusten Zeit eine Rolle spielt. Aber früher, als in der Technik selbst, trat er in der Wissenschaft als Problem auf; die Astronomie widmete ihm weitgehende und tiefgründige Untersuchungen, denn das Gezeitenproblem, das neuerdings durch George Howard Darwin eine Ausweitung auf kosmogonische Fragen gewonnen hat, ist nichts als ein Kreiselproblem, wie noch manche andern Fragen der Himmelskunde auch. Seitdem nun aber der Kreisel auch in der Technik höchst wichtige, interessante und geistreiche Anwendungen erfahren hat, sollte man meinen, seine Theorie wäre nach jeder Richtung hin geklärt. Es existiert über das Kreiselproblem ein umfangreiches dreibändiges Werk, das von einigen unsrer hervorragendsten Mathematiker verfaßt und vor einem Jahrzehnt erschienen ist. Am Schlusse desselben jedoch heißt es, daß die jetzige Höhe der mathematischen Wissenschaft zur Bewältigung des Problems bei weitem nicht ausreicht.

Die Wirkweise des Kreisels

Glücklicherweise ist eine so weitgehende Vertiefung zum Verständnis der Dinge nicht nötig. Es genügt, uns mit der Poggendorffschen Erklärung der Wirkungsweise eines Kreisels bekannt zu machen; daraus können wir alles ableiten, was für das Verständnis der technischen Anwendungen notwendig ist.

Versuchen wir, ein Geldstück auf die hohe Kante zu stellen, so wird uns das nur bei den dicken Münzen gelingen. Ein Silbermarkstück wird kaum stehen bleiben, selbst wenn es noch gar nicht abgebraucht ist und scharfe Kanten hat. Wir können aber die aufrechte Stellung des Mark-



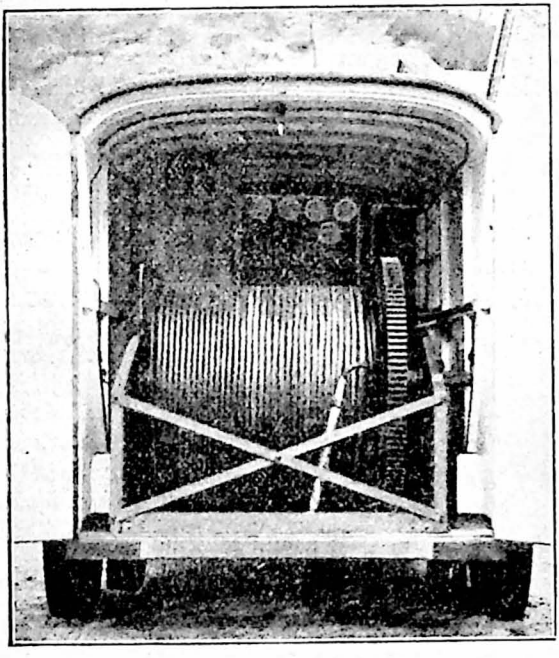
Kreisel durch die Schleuderkräfte zerstört. Die Zerstörung erfolgte bei 55 000 Umdrehungen in der Minute

stückes durch einen physikalischen Kniff erzielen, indem wir die Münze zu einem Kreisel machen. Versetzen wir das stehende Geldstück in schnelle Rotation um einen seiner Durchmesser, so bleibt es aufrecht stehen, solange die Drehung noch schnell ist; erst nach und nach verliert es seine Stabilität, es taumelt und fällt schließlich um. Das Geldstück hat also durch seine Rotation die Fähigkeit erlangt, sich stehend zu erhalten, es hat Kreiseleigenschaften bekommen.

Was ist ein Kreisel? Der Kreisel ist ein Körper, der um eine Achse sehr schnell rotiert. Diese Achse muß eine sogenannte „freie Achse" sein, d. h. sie muß durch den Schwerpunkt des Körpers gehen, und zwar derart, daß bei Rotationen keine Drücke auf die Achse ausgeübt werden.

Jedes Schwungrad iſt alſo ein Kreiſel. Und von einem Schwungrade weiß man, daß es durchaus zentriſch ſtehen muß, d. h. daß die Drehachſe auch wirklich durch den Schwerpunkt geht, nicht exzentriſch ſteht. Die Drücke können bei exzentriſcher Stellung ſo groß werden, daß die Welle zerſtört wird. Bei zentriſcher Stellung halten ſich die Schleuderkräfte das Gleichgewicht, und auf die Achſe wird kein Druck ausgeübt, die Achſe iſt „frei“.

An ſolchen „freien Achſen“ hat man Wahrnehmungen gemacht, die auf den erſten Anblick ſehr merkwürdig erſcheinen. Sie ſtellen näm-



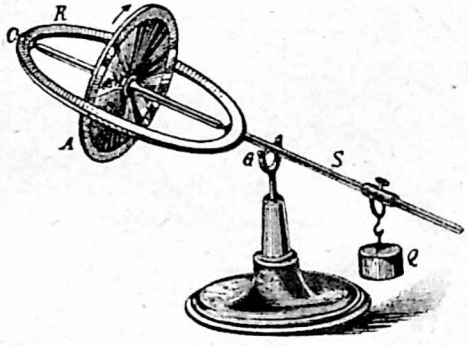
Der Lotwagen zum Bohrlochneigungsmeſſer (S. ſpäter)

lich einer Änderung ihrer Bewegungsrichtung einen großen Widerſtand entgegen, halten alſo ihre Richtung im Raume unverändert bei, wenn keine äußern Kräfte auf ſie einwirken. Man kann dieſen Fall zurückführen auf einen andern einfacheren. Wenn ſich ein Körper bewegt, ſo ſetzt er einer Richtungsänderung einen Widerſtand entgegen, oder richtiger geſagt, es gehört Arbeit dazu, um einen Körper aus einer Bewegungsrichtung in eine andre überzuführen. Soll ſich ein Körper in drehender Bewegung um einen andern befinden, ſo äußert ſich die Arbeit, die dazu nötig iſt, um ihn in ſolche Bahn zu zwingen und ihn darin zu erhalten, in der Überwindung der Schleuderkräfte. Dieſe Schleuderkräfte ſorgen dafür, daß der Körper immer in derſelben Ebene um-

ſchwingt, daß die Beharrung der Einzelteilchen den Körper in derſelben Drehebene erhält, die gewiſſermaßen der „Maſſenwunſch“ aller dieſer einzelnen Teilchen iſt, mit andern Worten, daß er Kreiſeleigenſchaften bekommt.

Bohnenbergers Apparat

Um die Eigenſchaft der um „freie Achſen“ rotierenden Körper ganz ſinnenfällig zu zeigen, hat der Phyſiker Bohnenberger einen kleinen Apparat konſtruiert. Er ſetzte eine Kugel in einen Ring, der an zwei Seiten Spitzen beſaß, ſo daß ſich die Kugel zwiſchen dieſen Spitzen ganz leicht drehen konnte. Dieſen Ring ſetzte er drehbar in einen andern umgebenden Ring, der ſeinerſeits wieder zwiſchen Spitzen in einem äußerſten feſtſtehenden Ringe rotieren konnte. Auf dieſe Weiſe ermöglichte er, daß die Kugel mit ihrer Achſe in jede beliebige Richtung eingeſtellt werden konnte. Dieſe Art, einen Körper zu lagern, heißt „Cardaniſche Aufhängung“, weil ſie zuerſt Cardano angab. Schiffskompaſſe, die ja immer wagrecht hängen ſollen, auch wenn das Schiff ſchwankt, hängt man in ſolche Cardaniſchen Aufhängungen, weil ſie ſich da unter Einwirkung der Schwerkraft ſtets ſo einſtellen können, daß ſie wagrecht hängen. Wie man auch die Ringe gegeneinander drehen mag, immer kann ſich die Achſe der Kugel im Bohnenbergerſchen Apparat ſo einſtellen, daß ſie dieſelbe Richtung beibehält. Verſetzt man die Kugel in eine ſchnelle Drehung, ſo dreht ſie ſich um eine „freie Achſe“. Dann kann man die Außenringe drehen und wenden wie man will: ſtets wird die Kugelachſe ihre Richtung beibehalten. Man kann den Apparat herumtragen, nach Belieben drehen und wenden, die Achſe wird ihre Richtung nicht verändern. Steht dagegen die Kugel ſtill, ſo vermag der leiſeſte Druck, die Achſe nach jeder beliebigen Richtung zu drehen und zu bewegen. Die Lagerreibung übt, wenn ſie ſchwach iſt, nur ganz geringe Störungen aus. Rotiert die Kugel, ſo iſt die Drehungsachſe ſtabil, ruht ſie, ſo iſt ſie inſtabil. Man ſpricht daher bei rotierenden Körpern von der „Stabilität der Drehungsachſe“, von einer gewiſſen „Achſenſteifigkeit“.



Feſſels Rotationsapparat

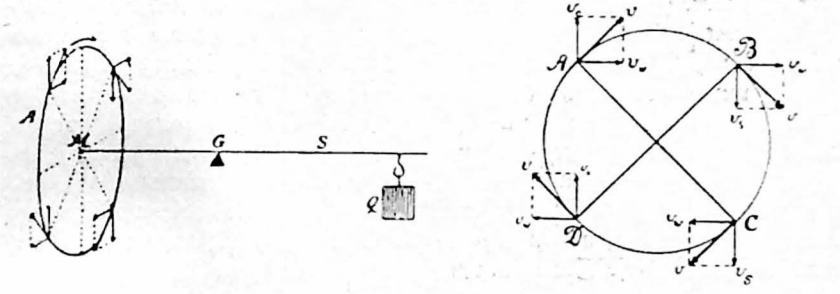
Der Kinderkreiſel iſt ein alltägliches Beiſpiel für das Vorkommen der „Stabilität der Drehungsachſe“. Ein ruhender Kinderkreiſel fällt um, ein raſch kreiſelnder dagegen nicht, ſelbſt wenn er ſchief ſteht. Der Kreiſel ſetzt dem Umfallen gewiſſermaßen einen Widerſtand entgegen. Wie groß dieſer Widerſtand iſt, kann man ſchon beim Bohnenberger-

schen Apparat erfahren, wenn man versucht, die Drehungsachse der rotierenden Kugel zu ändern.

Fessels Rotationsapparat

Besser läßt sich die Erscheinung an einem von dem Mechaniker Fessel angegebenen Apparat studieren. Bei ihm ruht das Schwungrad (A) mit dem schweren Wulste auf einer Achse, die wieder in einem Ringe (R) gelagert ist, der an einer Seite einen Stiel (S) hat. Dieser Stiel ist in einer Gabel (G) drehbar gelagert, die selbst wieder in dem schweren Fußgestell um eine senkrechte Achse drehbar ist. Die ganze Anordnung geht aus dem beistehenden Bilde deutlich hervor. Auf dem Stiele läßt sich ein Gewicht (Q) verschieben und mittels einer Schraube festklemmen. (S. das Bild auf voriger Seite.)

Wird das Gewicht (Q) so verschoben, daß es dem Gewichte des Ringes mit dem Schwungrad das Gleichgewicht hält, so geschieht gar nichts, wenn man das Schwungrad in Bewegung versetzt. Es ist so,



Die Kräfteverteilung an Fessels Rotationsapparat

als ob sich in diesem Falle das Rad nicht drehte. Schiebt man aber das Gewicht der Gabel näher, so daß der Ring mit dem Schwungrade das Übergewicht hat, so beschreibt bei lebhafter Umdrehung des Schwungrades die Stange (S) eine Kegelfläche um den Stiel der Gabel als Achse. Ein Sinken des Kreisels (Ring mitsamt Schwungrad) tritt dabei nicht ein. Schiebt man das Gewicht nach dem Ende der Stange zu über die Gleichgewichtslage hinaus, so zeigt sich die gleiche Erscheinung, aber die Kegelbewegung der Stange erfolgt im entgegengesetzten Sinne, anders herum.

Daß der Kreisel sich nicht senkt, nicht herabfällt, liegt im Grunde daran, daß durch den Druck der Schwerkraft nach unten oder eines Gewichts nach oben Kräfte auftreten, die aus der Ebene heraustreten, in der sich das Schwungrad bewegt, und einen Gegendruck erzeugen, der der Störung das Gleichgewicht hält. Die räumlichen Verhältnisse bewirken dann, daß sich die Störung in eine Bewegung umsetzt, die senkrecht zu ihr erfolgt. Hat das Schiebegewicht (Q) das Übergewicht, so bewegt sich das Schwungrad mit der Stange im Sinne der Drehrichtung

der obern Hälfte der Schwungscheibe (A) (3. schematisches Bild). Würde dagegen der Kreisel schwerer sein und das Übergewicht haben, so daß er eigentlich herabsinken müßte, so würde sich das ganze System im Sinne der Drehrichtung der untern Hälfte des Schwungrades um die senkrechte Gabelachse drehen.

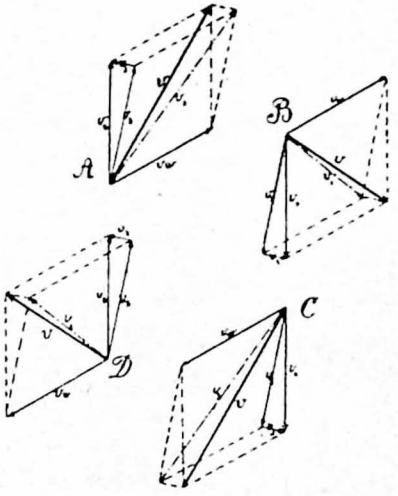
Poggendorffs Erklärung der Achsensteifigkeit

Zur Erläuterung dieser Erscheinung für diejenigen Leser, die die Elemente der Mechanik kennen, wollen wir den Fall besprechen, daß das Schiebegewicht Q das Übergewicht habe, und die Stange S anfänglich wagrecht schwebe. Jeder Punkt des Schwungrades hat während der Drehung eine gewisse Geschwindigkeit. Ihre Richtung steht auf dem jeweiligen Durchmesser immer senkrecht. Jedes Teilchen der Schwungscheibe hat das Bestreben, in gerader Richtung wegzufliegen, wie ein an einer Schnur geschwungner Stein, der auch tatsächlich in dieser Richtung wegfliegt, wenn man die Schnur plötzlich losläßt oder wenn sie zerreißt. Dem Wegfliegen wirkt die Festigkeit des Rades entgegen. Stellen wir die Geschwindigkeit durch eine Linie dar, deren Länge die Größe und deren Lage und Pfeil die Richtung angibt, so müßten wir den Radkranz rings mit solchen Pfeilen umgeben. Wir greifen vier davon heraus, die sich auf solche Punkte des Radkranzes beziehen, die auf senkrechten Durchmessern liegen (linkes Bild vor. S.) und zerlegen jede dieser Umfangsgeschwindigkeiten in eine senkrechte (v_s) und eine wagrechte (v_w) Teilgeschwindigkeit. Diese Teilgeschwindigkeiten wirken zusammengenommen in jedem Falle ebenso wie die zerlegte. Warum wir gerade diese Zerlegung nach wagrechter und senkrechter Richtung vornehmen, werden sich die Leser nachher selbst beantworten können.

Hält nun Q der Scheibe das Gleichgewicht, dann liegen alle diese Kräfte in der Ebene der Scheibe und halten diese in der gleichen Lage fest. Ist Q aber schwerer, so beginnt die Scheibe sich zu heben. Die wagrechten Teilgeschwindigkeiten v_w bleiben in der Ebne der Scheibe und ändern also an der ganzen Sache nichts, die senkrechten aber treten in dem Augenblicke des Hebens aus der Ebene der Scheibe heraus. Betrachten wir z. B. von den vier herausgegriffnen Punkten den vorn oben liegenden A. Wenn sich die Scheibe um einen kleinen Betrag hebt, so dreht sich die Ebene ein wenig; unser Bild müßte ein wenig umkippen und käme in Lage wie Schema 4 (Bild a. f. S., das in schräger Aufsicht gezeichnet ist). v müßte in die Lage v_1 übergehen, und v_s in v_2, während v_w bleibt. Da aber die senkrechte Teilgeschwindigkeit v_s mit der Scheibe nicht mitkippen kann, tritt sie nach außen aus der Ebene heraus. Zerlegt man sie nun wieder in einen Teil v_w, der in der neuen (gekippten) Ebene der Scheibe liegt, und einen andern dazu senkrechten v_3 (beide ergeben zusammengenommen v_s), so erkennt man, daß in v_3 eine Geschwindigkeit auftritt, die den Punkt A direkt nach außen zieht. — Bei A sind also drei Teilgeschwindigkeiten vorhanden: v_w in

wagrechter Richtung — liegt in der Ebene der Scheibe —, v_2 in nahezu senkrechter Richtung — liegt auch in der Ebene der Scheibe — und v_3, eine geringe Geschwindigkeit der Scheibe nach außen.

Führt man diese Untersuchung für jeden der vier Punkte A, B, C und D durch, so erhält man die 4 Figuren der untenstehenden Abbildung. Man erkennt aus ihnen, daß außer den wagrechten und senkrechten Teilgeschwindigkeiten, die überall als v_w und v_2 bezeichnet sind, noch die Geschwindigkeiten v_3 vorhanden sind. Bei A und D wirken diese v_3 nach außen (siehe die Pfeilrichtung), bei B und C aber nach innen. Allgemein gilt für die linke Hälfte der Scheibe, daß sich die v_3 nach außen, für die rechte Hälfte, daß sich die dortigen v_3 nach innen wenden. Die senkrechten und wagrechten Teilgeschwindigkeiten v_2 und v^w in der Ebene der Scheibe drücken nur die Drehung der Scheibe aus, während die bei der Hebung der Scheibe durch Q auftretenden Geschwindigkeiten auf der rechten Hälfte der Scheibe diese nach außen, auf der linken jedoch nach innen bewegen. Das heißt nichts andres, als das sich die Scheibe um den senkrechten Durchmesser drehen muß. Die Scheibe sitzt aber fest an der Stange, also muß die Stange mit, und das ist nur möglich, wenn das ganze System sich von oben gesehen im Sinne des Uhrzeigers um den Punkt G (Bild S. 302) in wagrechter Richtung dreht.



Die Kräfteverteilung beim Kippen der Scheibe in Fessels Rotationsapparat

Führt man die ganze Betrachtung auch für den Fall durch, daß Q leichter ist als Ring und Scheibe, so tritt kein Heben, sondern ein Fallen der Scheibe ein, wenn sie nicht rotiert. Die Teilgeschwindigkeiten v_3 bekommen dann für die linke Hälfte der Scheibe eine Richtung nach innen und für die rechte eine nach außen, d. h. die Scheibe mit der Stange bewegt sich um G in wagrechter Richtung entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne.

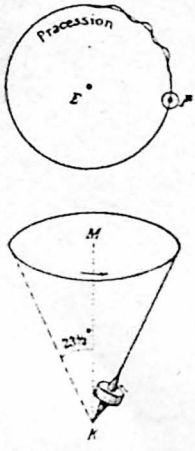
Der Jahrmarkts- und der Kinderkreisel

Der Kreisel — jedes Schwungrad ist ja eigentlich schon ein Kreisel, gleichgültig, ob mit fester oder freier Achse — kommt in mehrerlei Formen vor, sowohl als im Raume frei beweglicher Körper (nichtkugelförmiger Himmelskörper in einem System andrer Himmelskörper), wie auch als unterstützter und aufgehängter Körper. Als Spielzeug findet man ihn in mehreren Formen, als Jahrmarktskreisel, der mit

einer Schnur aufgezogen wird und in einer Pfanne läuft, und als Kinderkreisel, nur unterstützt durch eine glatte Bahn. Hat man solchen Kinderkreisel angetrieben, so bewegt er sich nach dem Eintritt eines gewissen Gleichgewichtszustandes in Kreisen, die sich immer mehr verengern. Das hat seinen Grund in der gleitenden Reibung an der Unterlage. Ist die Unterlage geneigt, so schreitet ein Kinderkreisel auf ihr senkrecht zur Richtung größten Gefälles in Schleifen fort. Daß sich der Kinderkreisel aufrichtet, hat ebenfalls seinen Grund in der Reibung des Stützpunktes an der Unterlage. Wenn diese nicht vorhanden wäre, würde der Kreisel in seiner Richtung beharren.

Die Himmelskörper als Kreisel

Die großartigsten Beispiele für die Kreiselbewegung bietet uns die Himmelskunde. Denn alle Planeten sind Kreisel. Sie haben große Massen und laufen um die Sonne. Dabei rotiert jeder um seine eigene Achse, die in keinem Falle auf der Ebne ihrer Umschwungsbewegung um die Sonne senkrecht steht, sondern bei jedem Planeten verschiedenartig geneigt ist. Wären die Planeten genau kugelrunde Körper, so würde die Achseneigung gar nichts ausmachen. Die Planeten würden um ihre schiefen Achsen rotieren, ohne daß eine Beeinflussung durch die Sonne stattfände. Nun sind aber die Planeten keine wirklichen Kugeln, selbst abgesehen von den verhältnismäßig geringen Unregelmäßigkeiten, wie sie Berge und Täler darstellen. Die Erde z. B. ist durchaus keine Kugel. Angenähert kann man ihre Gestalt als die eines dreiachsigen Ellipsoids bezeichnen. Vornehmlich aber weichen zwei ihrer Achsen erheblich voneinander ab, der polare Durchmesser und der zwei Punkte des Äquators verbindende. Man kann sich also die Erde zusammengesetzt denken aus einer Kugel und einem diese umschließenden Wulste, der am Äquator am dicksten ist. Dreht sich die Erde um ihre Achse, so wirkt das Ganze wie ein Kreisel, der nach den uns nun bekannten Eigenschaften die Richtung seiner Achse hartnäckig beizubehalten bestrebt ist. Die Anziehungswirkung auf den kugelförmigen Teil der Erde würde keine Abweichung hervorrufen, wohl aber die auf den Wulst. Denn dieser ist auf seiner der Sonne abgekehrten Seite weiter von der Sonne entfernt als auf der andern. Der der Sonne zugekehrte Wulst wird also stärker von ihr angezogen als der weiter entfernte, d. h. die Sonne sucht den nahen Wulstteil sich ganz zuzukehren und zerrt fortwährend daran. Diese Zerrung versucht, die Erde zu kippen, bis die Äquatorebene in der geraden Richtung zur Sonne liegt. Dadurch würde aber die Erdachse verlegt werden. Als Kreiselachse weicht sie daher seitlich



Die Präzession der Erdachse

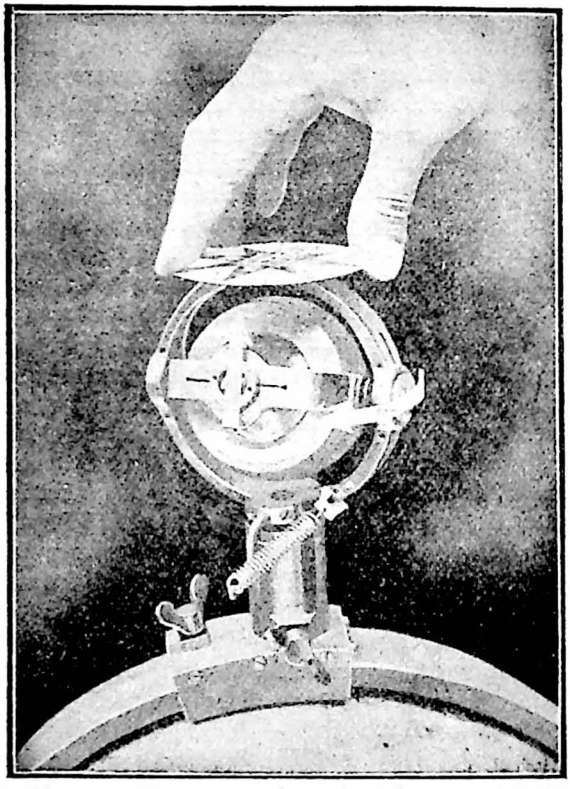
in ſenkrechter Richtung aus, wie der Kreiſel im Feſſelſchen Apparate. Die immerwährende Zerrung der Sonne bewegt die Erdachſe ſtändig in einem Kreiſe herum, ſo daß die Erde einen Kegelmantel beſchreibt.

Die Präzeſſion der Aequinoktien

Bei einem jährlichen Umlauf um die Sonne aber ſucht die Erde ihre Richtung ſtets beizubehalten, und tut es in der Tat auch, ſo daß ihre Achſe zu den verſchiednen Jahreszeiten, die ja der verſchiedenen Stellung in ihrer jährlichen Bahn entſprechen, immer ſich gleichgerichtet bleibt. Wenn alſo die Sonne während eines Teiles des Jahres nördlich vom Äquator ſteht, ſo ſteht ſie nach einem halben Jahre ſüdlich, kehrt alſo die Kipprichtung um. In der Zwiſchenzeit nimmt die Größe der Kraft langſam zu und ab. In zwei Stellungen iſt ſie Null, nämlich zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, weil dann die Anziehung auf die Wulſthälften gleich iſt. Die Einwirkung der Sonne auf die Erde, die alſo auf ein Aufrichten der Erdachſe hinzielt, macht ſich innerhalb eines Jahres nur ſehr wenig bemerklich. Eine volle Umdrehung der Achſe, alſo die Vollendung des Kegelmantels, dauert 25 765 Jahre.

Wir können dieſe Bewegung der Erdachſe am Himmel verfolgen. Denn die Erdachſe muß immer auf einen andern Punkt am Himmel weiſen, den wir den Pol, bei uns im Norden alſo den Nordhimmelspol, nennen. Die Erdachſe weiſt jetzt ungefähr auf den Polarſtern, aber nur ſehr ungenau. Nach 2000 Jahren etwa zeigt die Erdachſe noch genauer nach dem Polarſtern als jetzt. Nach etwa 13 500 Jahren wird ſie auf die helle Wega zeigen, die dann ein viel hellerer Polarſtern ſein wird als unſer jetziger. Nach 25 765 Jahren wird ſie wieder auf die jetzige Stelle weiſen. Die Schnittlinie der Ebene des Erdäquators mit derjenigen Ebene, in welcher die Erde um die Sonne läuft (Ekliptik), erfährt durch die Bewegung der Erdachſe eine ſtete Richtungsänderung. Wenn die Erde in ihrer Bahn dieſe Linie ſchneidet, ſo iſt Nachtgleiche — der oben ſchon erwähnte Fall —, jährlich geſchieht das zweimal. Dieſe Nachtgleichen rücken durch die Kreiſelbewegung der Erde vor, ſo daß man die ganze Erſcheinung das „Vorrücken der Nachtgleichen, die Präzeſſion der Äquinoktien“ nennt. Dieſe Präzeſſionsbewegung geht, wie wir ſahen, nicht ganz regelmäßig vor ſich; ſie wird aber noch durch andre Umſtände beeinflußt. Der Mond nämlich übt wie die Sonne eine Anziehung auf den Äquatorwulſt aus, ſo daß eine zweite Kreiſelwirkung entſteht, die ſich neben die erſte lagert. Sie kehrt periodiſch alle 19 Jahre etwa wieder und bewirkt, daß der Präzeſſionskreis kein genauer Kreis wird, ſondern eine ſchwache Schlangenlinie, die ſich um den genauen Kreis windet. Dieſe Bewegung heißt die „Nutation“. Die noch kleineren Beeinfluſſungen der Erde durch die andern Planeten übergehen wir. Sie überlagern gewiſſermaßen den Präzeſſionskreis und bringen allerlei kleine Abweichungen hervor, die ſehr kompliziert ſind.

Was hier an dem Beispiel der Erde ausführlich besprochen wurde, findet auf alle andern Planeten Anwendung. Auch beim Saturn, wo die Abplattung sehr viel stärker ist als bei der Erde, ist sie vorhanden, und der Planet mit seinen Ringen wird zwar während eines Umlaufs um die Sonne — der 10 759¼ Tage dauert — seine Lage im Raume



Kreisel-Präzession unter dem Einfluß von Drehung. Der Pfeil am Kreisel gibt die Ausweichrichtung an

fast genau beibehalten, aber im Laufe der Jahrtausende auch eine Präzessionsbewegung zeigen. Ebenso der stark abgeplattete Jupiter.

Der Beweis der Erddrehung durch das Barogyroskop

Die Erhaltung der Achsenrichtung eines laufenden Kreisels wollte Foucault benutzen, um die Erddrehung zu beweisen, damit er seinem weltbekannten Pendelversuch einen noch bessern Versuch hinzufügen könnte. Ihm ist das wegen der unzureichenden Mittel seiner Zeit nicht gelungen. Erst Gilbert und neuerdings der Münchner Prof. Föppl

haben den Nachweis der täglichen Erddrehung durch Kreiſelwirkungen mit ihren Barogyroſkopen erfolgreich durchgeführt.

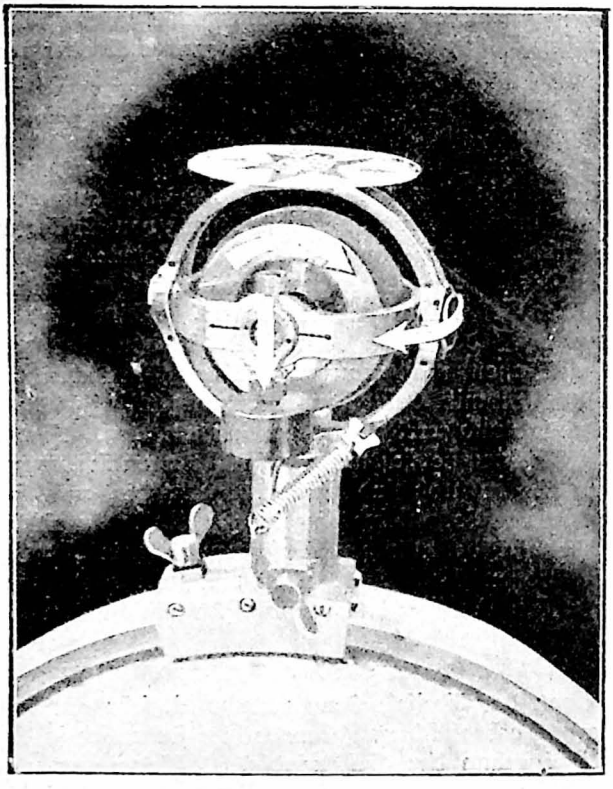
Die rotierenden Maſchinen als Kreiſel

Bei den *techniſchen Anwendungen* des Kreiſelproblems handelt es ſich nicht bloß um die wirkliche und abſichtliche Verwendung eines Kreiſelapparates, ſondern vielfach um die beiläufige Entſtehung eines ſolchen. Überall, wo Räder vorkommen, die ſich um Achſen drehen, hat man ja im Prinzip einen Kreiſel, ob man will oder nicht. Man kann ſich alſo bei der Benutzung ſolcher rotierenden Räder der beſondern Kreiſelwirkungen nicht entziehen, da ſie eben eine unabänderliche Eigenſchaft des Apparats ſind. Man hat früher dieſen Umſtand natürlich unbeachtet gelaſſen. In neuerer Zeit herrſcht die Tendenz, zu immer höheren Geſchwindigkeiten überzugehen, und dabei gelangt die Rotationsbewegung immer mehr unter dem Einfluß von Erſcheinungen, die man früher unbeachtet laſſen und nicht kennen konnte. Die beſonderen Eigenſchaften des Kreiſels treten immer mehr in den Vordergrund, je mehr man in der Technik zu ſchnelldrehenden Maſchinen und Maſchinenteilen übergeht. Jede ſchnell rotierende Maſchine, bei der die umſchwingenden Maſſen nicht ganz ſorgfältig abgeglichen ſind, beſitzt Kreiſeleigenſchaften mit Präzeſſionserſcheinungen. Iſt die Maſchine befeſtigt, ſo rüttelt und zerrt ſie an den Fundamenten. Sind dieſe nicht feſt genug, ſo lockern ſie ſich mit der Zeit, namentlich, wenn die umſchwingenden Maſſen groß ſind. Steht die Maſchine nicht feſt, bewegt ſie ſich gar wie eine Lokomotive, ſo zeigt ſich häufig ein Schlingern und Schwanken, das ſich bei manchen Maſchinen bis zum „Hopſen“ ſteigert und bei ſehr großen Geſchwindigkeiten Entgleiſungen bewirkt. Lokomotivführer wiſſen von ſolchen eigenwilligen Maſchinen des öftern zu berichten.

Rotierende Räder und Schienen

Wirkungen des Kreiſels kann man z. B. ſehr gut im *Eiſenbahnbetriebe* beobachten. Gerade hier findet ſich ja die Neigung zur ſtarken Steigerung der Geſchwindigkeit. Und je mehr man dieſe Steigerung fortſetzt, deſto dringender wird auch das Bedürfnis, ſich mit dem etwaigen Einfluſſe der Kreiſelwirkung rollender Räderpaare abzufinden. Wie ſchon jedes Einzelrad, das auf einer Welle ſitzt, einen Kreiſel darſtellt, ſo erſt recht ein Räderpaar. Bei ihm iſt die Maſſe ja erheblich größer. Kein Rad hat den gleichen Durchmeſſer wie ein anderes. Allein ſchon durch die verſchieden ſchnelle Abwicklung der Radreifen auf den Schienen treten Schiebungen auf, die ſich in einem Druck des Spurkranzes des kleineren Rades auf die Innenkante der betreffenden Schiene kundgeben. Aber das iſt noch keine Kreiſelwirkung. Dieſe tritt vielmehr noch dazu, und zwar in dem Sinne, daß die frühere Drehachſe beizubehalten beſtrebt wird. Hier wirkt alſo der Kreiſel **ausgleichend.**

Anders dagegen, wenn eine Kurve durchfahren wird. Hier unterstützt die Kreiselwirkung der Räderpaare die Fliehkraft. Um den Wirkungen der Fliehkraft entgegenzutreten, überhöht man die äußere Schiene, so daß das Fahrzeug schräg läuft. Dadurch wird aber die Wirkung der Räder als Kreisel noch verwickelter. Solche Überhöhung findet überall da statt, wo Kurven mit großer Geschwindigkeit durchfahren



Kreisel-Präzession. Die Drehung ist durch Anhängen eines Gewichts hervorgerufen und anders als bei dem vorangehenden Bilde

werden sollen, z. B. in Rennbahnen, die eine enge runde in sich geschlossene Bahn haben.

Das Entgleisen der Kreiselwirkung

Die Kreiselwirkung ist aber, wie eine genauere Untersuchung gelehrt hat, in dem erwähnten Falle nicht groß. Sie wird erst erheblicher zu Beginn oder beim Verlassen einer Kurve. Dann entsteht eine Kreiselwirkung um die auf den Schienen nach oben senkrechte Richtung

und bringt ein Schlingern des Fahrzeuges hervor. Besonders stark werden solche Wirkungen bei Gleisfehlern, bei Ausbiegungen nach der Seite oder nach oben, weil sie kurze und starke Ausdrehungen der Drehachse hervorbringen können. Die Versuche und Probefahrten der Berliner Studiengesellschaft auf der Berlin-Zossener Bahn haben gezeigt, daß solche Kreiselwirkungen in bedenklichem Maße auftreten können und durch einen nicht genügend festen Oberbau noch begünstigt werden. Sie verschwanden erst bei Verstärkung und steter sorgsamer Überwachung des Oberbaues.

In einfachen Fällen ist es leicht auszurechnen, wann ein Fahrzeug entgleisen muß. Um ein Beispiel zu geben, sei eine mit zwei aufgekeilten Rädern besetzte Achse betrachtet. Nimmt man die in der Praxis vorkommenden Fälle an, daß der Radhalbmesser 1 m, die Spur und somit auch die Achsenlänge 1,435 m (gleich der Normalspur der Haupteisenbahn) sei, so würde dieses Fahrzeug in einer scharfen Kurve von 200 m Halbmesser, wie sie bei Weichen z. B. vorkommt, entgleisen, wenn seine Geschwindigkeit 37,5 m in der Sekunde überschritte (bei den Berliner Schnellbahnversuchen kam man bis auf 38,5 m in der Sekunde = 211 km in der Stunde).

Die Kreiselwirkung bei andern Gefährten

Kreiselwirkungen treten natürlich auch bei anderen Fahrzeugen auf, namentlich bei schnellaufenden, also z. B. bei Automobilen. Auffallend sind sie auch bei denjenigen Fahrzeugen, die Einwirkungen sehr leicht nachgeben können, also bei Schiffen. Raddampfer legen sich beim Steuern seitlich über; auch das beruht zum Teil auf einer Kreiselwirkung der sich drehenden Schaufelräder. In noch größerem Maße kann das der Fall sein bei Schiffen, die mit den fabelhaft schnell rotierenden Lavalschen Dampfturbinen getrieben werden. Die Laufräder dieser Maschine drehen sich bis zu 20 000 mal in der Minute. Macht ein mit solchen Turbinen ausgerüstetes Schiff schaukelnde Bewegungen, so müßten diese sich auch auf das Turbinenlaufrad übertragen. Das würde die Welle außerordentlich stark und sehr ungünstig beanspruchen, so daß sie leicht Brüchen ausgesetzt wäre. Man konstruiert deshalb diese Wellen möglichst dünn, so daß sie sich leicht verbiegen und die schaukelnden Bewegungen nur zum Teil auf das Turbinenlaufrad übertragen können. Wäre die Welle vollkommen biegsam, so würde das Laufrad trotz der Schiffsschwankungen immer seine Stellung beibehalten.

Über die Rolle, die die Kreiselwirkung bei Luftschiffen und Flugmaschinen spielt, ist noch nichts bekannt geworden. Sicher ist sie aber auch dort vorhanden und wird bei Vergrößerung der Geschwindigkeit noch mehr hervortreten.

Man hat versucht, die Kreiselwirkung auch beim Radfahren als wesentlich hinzustellen. Da man die Räder und namentlich die

Felgen mit dem Gummibelag möglichſt leicht zu machen beſtrebt iſt, ſo kann man jedoch von vornherein ſagen, daß für das Radfahren die Kreiſelwirkung der Räder nicht von Bedeutung iſt, um ſo weniger, als die Umdrehungen der Räder auch nur ſehr langſam erfolgen. Daß der Radler nicht umfällt, liegt in erſter Linie daran, daß durch die Neigung der Lenkſtange und durch Schwerpunktverlegung des Fahrers, die er im Gefühl hat, Schleuderkräfte auftreten, die der Neigung des Rades, beſonders in Kurven, das Gleichgewicht halten.

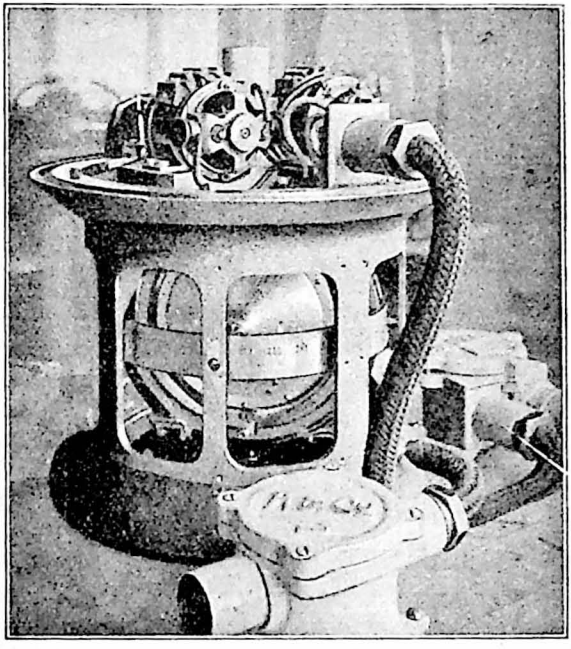
Das Geſchoß als Kreiſel

Eine wichtige Anwendung findet die Kreiſelwirkung in der Schießtechnik. Damit ein Geſchoß durch irgend welche Störungen keine Ablenkung erfährt, verſetzt man es beim Abſchießen in Drehungen. Das geſchieht in der Weiſe, daß man den Lauf, aus den es hervorgeſchoſſen wird, mit gewundnen Spirallinien verſieht, mit ſogenannten „Zügen.“ In dem gezognen Rohr muß ſich das Geſchoß hindurchwinden, nachdem hinter ihm die Ladung explodiert iſt, es „ſchraubt“ ſich gewiſſermaßen heraus und erhält dabei eine Drehung um ſeine Achſe, die ſehr ſchnell erfolgt, da ja auch die Geſchoßgeſchwindigkeit ſehr groß iſt. Das Geſchoß bohrt ſich ſpiralig durch die Luft und hält vermöge dieſer Drehung, die ja nichts weiter iſt als eine Kreiſelwirkung, ſeine Richtung hartnäckig bei. Das iſt ein wichtiger Umſtand für die Treffſicherheit und das richtige Aufſchlagen des Geſchoſſes mit der Spitze, namentlich bei der Granate. Das Geſchoß iſt aber auch der Schwerewirkung unterworfen, es läuft in einer paraboliſchen Bahn, ſo daß ſich die Geſchoßachſe gegen die Bahnrichtung neigt. Der Luftwiderſtand drückt dann gegen den Geſchoßhinterteil, der ihr die meiſte Angriffskraft bietet und bewirkt ein ſeitliches Ausweichen desſelben. Dadurch entſtehen Pendlungen, die die Spitze einen kleinen Kreis beſchreiben laſſen. Die Wellen, in denen dieſe Pendlungen vor ſich gehen, werden aber immer länger und gehen ſchließlich in die Flugbahn ſelbſt über.

Der Torpedokreiſel als Selbſtſteurer

Auch der Torpedo iſt ein Geſchoß. Er wird aus einer Torpedo-Kanone mit ſchwacher Pulverladung oder mit Druckluft abgeſchoſſen und unterliegt denſelben Störungen wie andre Geſchoſſe. Aus mehreren Gründen kann man jedoch einen Torpedo nicht aus einer gezognen Kanone abſchießen. Man muß daher die Störungen während des Laufes auf andre Weiſe beſeitigen. Störungen ſtellen ſich aber ſchon beim Ausſtoß des Torpedos aus dem Lanzierrohre und beim Eintritt in das Waſſer ein. Soweit ſolche Lanzierfehler regelmäßig auftreten, kann man ſie beim Zielen berückſichtigen. Tritt der in der Luft abgeſchoſſne Torpedo in das Waſſer ein, ſo zeigt ſich namentlich in Beginne des Unterwaſſerlaufs häufig das „Rollen“, indem er nach rechts und links

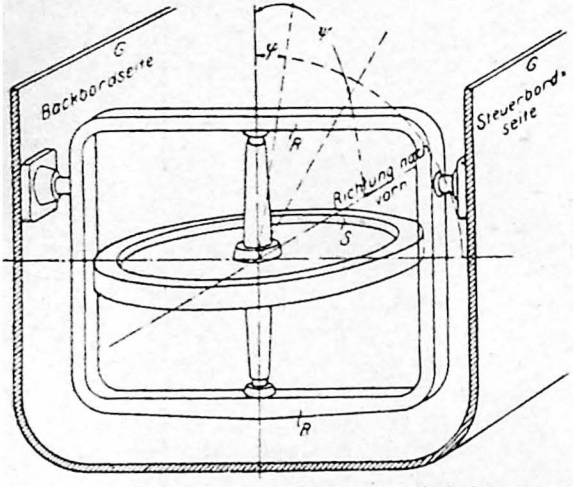
ſchwankt, was verurſacht, daß die Steurung der wagrechten Ruder nach der Seite zu wirkt. Alle dieſe Störungen zu beſeitigen, iſt deshalb nötig, weil die Torpedos verhältnismäßig ſehr langſam laufen. Für ein Artilleriegeſchoß, deſſen Geſchwindigkeit 800 m in der Sekunde betragen möge, beträgt die Flugzeit bei 4000 m Ziel 5 Sekunden. Legt ein feindliches Schiff pro Stunde 20 Seemeilen, alſo etwa 10 m in der Sekunde, zurück, ſo kommt es in 5 Sekunden 50 m vorwärts. Schätzt man nun die Geſchwindigkeit des feindlichen Schiffes um 2 Seemeilen pro Stunde (1 m pro Sekunde) falſch, ſo würde das Geſchoß 5 m



Selbſtſteurerkreiſel für unbemannte Boote

von dem eigentlichen Zielpunkte entfernt einſchlagen. Hat man auf die Schiffsmitte gezielt ſo würde ein Schiff immer noch ſicher getroffen werden. Beim Torpedo aber, der bei 1000 m Schußweite nur etwa 22 m in der Sekunde läuft, würde ein gleicher Fehler in der Abſchätzung der Geſchwindigkeit einen viel größern Fehler beim Schießen hervorbringen. Schießt man aus 9000 m Entfernung, ſo beträgt die Laufzeit des Torpedos ſchon 40 Sekunden. Während dieſer Zeit legt das feindliche Schiff 400 m zurück. Macht man auch hier bei der Abſchätzung ſeiner Geſchwindigkeit denſelben Fehler, ſo trifft der Torpedo 40 m vor oder hinter dem Zielpunkt, ſo daß es leicht kommen kann, daß er ſein Ziel überhaupt verfehlt. Im letzten Kriege wurde mehrfach davon be-

richtet. Ist der Schätzungsfehler gar noch größer, so kann man überhaupt auf keinen Treffer mehr rechnen. Treten — wie das immer der Fall ist — gar noch andre Fehler und Störungen hinzu, dann wirds noch schlimmer. Man muß ferner bedenken, daß der Torpedoschuß nicht von einem ruhenden Schiffe aus abgegeben wird, sondern daß der über Wasser ausgeworfne Torpedo mit der Geschwindigkeit des abschießenden Schiffes seitlich ins Wasser schlägt und, da er vorn eher aufschlägt als hinten, nach rückwärts von der Schußrichtung abgelenkt wird. Dies muß durch die Steurung ausgeglichen werden. Die Steurung muß also bewirken, daß diese Ablenkung beim Einschlagen in das Wasser beseitigt wird, damit der Lauf des Torpedos wieder die Schußrichtung erhält.



Schema des Schlickschen Schiffskreisels

Zur vollständigen Korrektion des Laufes eines Torpedos braucht man ein Seiten- und ein Tiefensteuer. Zur Tiefensteurung benutzt man einen hydrostatischen Apparat, der uns hier weiter nichts angeht. Zur Seitensteurung aber wird fast bei allen Marinen ein Kreiselapparat angewendet, der bei den neusten Ausführungen in einer fast luftleer gepumpten Kammer läuft. Denn nirgends kommt es so sehr auf die Genauigkeit des Kreisellaufs an wie hier. Der Kreisel selbst besteht aus einem Schwungringe, der nach der Art des 1. Bildes cardanisch aufgehängt ist. Bei der deutschen Marine wog der Schwungring 600 Gramm. Wenn sich der Torpedo dreht, erhält sich der Schwungring in seiner ursprünglichen Lage, dreht sich also verhältnismäßig gegen das Gehäuse des Torpedos. Bei solcher Drehung öffnet der Kreisel ein am Gehäuse des Torpedos befestigtes Ventil, das Preßluft aus der Betriebskammer des Torpedos ausläßt und ein Seitenruder betätigt, das der Ablenkung entgegensteuert. Der Gradlauf wird hier also indirekt erreicht. Der Kreisel selbst richtet den Torpedo nicht; er löst nur Steuervorrichtungen aus, die die dazu nötige Energie aus der Preßluftkammer entnehmen. Howell hat versucht, den Kreisel selbst zum Richten des Torpedos zu benutzen. Diese Methode hat sich aber nicht bewährt.

Die deutsche Ausführung benutzt einen Kreisel, der im Moment des Abschießens des Torpedos angetrieben wird. Dazu dient Preß-

luft von 150 Atmosphären Druck. Dieser Druck wirkt nur zwei Zehntel Sekunden lang auf den Kreisel, der eine kleine Luftturbine ist, und bringt ihn auf die ungeheure Umdrehungszahl von 20000 in der Minute. Ist der Kreisel einmal angetrieben, so läuft er ohne weiteren Antrieb noch ½ Stunde lang. Wie genau der Kreisel einjustiert sein muß, erhellt daraus, daß schon eine Ungleichheit der Öltropfen, die man auf die Kugellagerzapfen bringt, Störungen bewirkt. Ein richtig eingestellter Kreisel läuft so gut wie mathematisch genau.

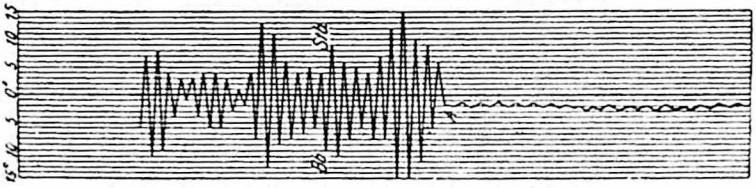
Schlicks Schiffskreisel

Eine großartige technische Anwendung des Kreisels hat O. Schlick ersonnen und als Schiffskreisel ausgeführt. Er gibt einem Kreisel eine sehr große Schwungmasse und setzt ihn in ein Schiff, um die unangenehmen, die Seekrankheit erzeugenden Rollbewegungen zu beseitigen. Ein sehr schnell umlaufendes und durch eine Dampfturbine oder einen Elektromotor angetriebnes Schwungrad ist mit seiner Achse in einem Rahmen gelagert. Dieser Rahmen ruht wieder in zwei Lagern an den Schiffsseiten und kann um diese Lager schwingen. Stellt man den Rahmen gegen das Schiff fest, so muß die Schwungradachse bei Rollbewegungen des Schiffes, d. h. bei Bewegungen um die Längsachse (Schaukeln des Schiffes), diese mitmachen und es kommt zu Winkelausschlägen. Wir wissen nun aus unsern früheren Erörterungen, daß das Schwungrad als Kreisel auf solche Drehung mit einer weit stärkern in der Längsachse des Schiffs antwortet. Schon bei kleinen Rollbewegungen pendelt der Rahmen mit verhältnismäßig großen Ausschlägen hin und her. Diese Pendlungen werden nun mittels Bremsen aufgenommen. Es ist eine Flüssigkeitsbremse vorhanden, mit der der Rahmen stets verbunden bleibt, während eine zweite Bandbremse erst bei größern Ausschlägen in Wirksamkeit tritt und auch von einem den Kreisel bedienenden Steuermann nach Bedarf angezogen werden kann. Unter gewöhnlichen Umständen kommt nur die Flüssigkeitsbremse in Betracht. Dadurch werden die Kreiselausschläge aufgenommen und unschädlich gemacht; sie werden in Wärme umgesetzt. Da aber das Schiff nicht feststeht, so treten statt der Rollbewegungen sogenannte Stampfbewegungen auf, d. s. Bewegungen, bei denen das Schiff in der Längsrichtung schaukelt. Wegen der Länge der Schiffe sind diese Stampfbewegungen aber sehr gering, um so geringer, als sie viel schneller abnehmen als die Schiffslänge wächst.

Der erste größre Versuch mit dem Schiffskreisel geschah auf einem kleinen Schiffe „Seebär“ von 35¼ m Länge, 3,6 m Breite, einem mittlern Tiefgang von 1,04 m, also einem Fahrzeug, das dem „Rollen“ sehr ausgesetzt ist. Der Kreiseldurchmesser betrug 1 m, das Gewicht des Kreiselrades 502 kg. Das Kreiselrad machte 1600 Umdrehungen in der Minute, so daß jeder Punkt seines Umfangs

84 m Sekundengeſchwindigkeit beſaß, ſo daß ungeheure Schwungkräfte den Randkranz beanſpruchten. Um ihnen zu begegnen, wurde das Kreiſelrad ganz aus geſchmiedetem Flußſtahl hergeſtellt. Die mit dieſer Anordnung angeſtellten Verſuche waren recht befriedigend. Selbſt wenn die ganze Mannſchaft plötzlich auf eine Seite lief, ſchwankte das Schiff nur wenig, und die Schwingungsdiagramme, die während der Fahrt aufgenommen wurden, bewieſen die Wirkſamkeit des Kreiſels. Rollbewegungen bis zu 15^0 wurden auf $^1/_2$ bis $^3/_4{}^0$ verringert. Man iſt ſpäter noch weiter gegangen und hat die ſonſt noch vorhandnen Fehler und Mängel durch das Anbringen zweier Kreiſel beſeitigt.

Im Ganzen aber hat der Schiffskreiſel nicht den Erwartungen entſprochen, die man auf ihn geſetzt hat. Er beanſprucht die Schiffsverbände ſehr ſtark und hat eine im Verhältnis zu der Schiffsmaſſe ſchon ſehr in Betracht kommende große Maſſe. Später iſt er dann durch die viel wirkſameren Schlingertanks erſetzt worden, deren Be-



Schwingungsdiagramm von dem mit dem Schlickſchen Schiffskreiſel verſehenen Schiff „Seebär". Schlingern des Schiffs ohne mit Schiffskreiſel

trieb ſo gut wie nichts koſtet, die ſo arbeiten, daß die von ihnen erzeugten Stampfbewegungen ſich gegenſeitig aufheben. Der eine Kreiſel wurde ins Vorderſchiff, der andre ins Hinterſchiff geſtellt.

Das beſagt natürlich nichts gegen die Genialität der Idee.

Die Einſchienenbahn

Eine bemerkenswerte Verpflanzung hat der Schlickſche Schiffskreiſel vor anderthalb Jahrzehnten durch einen Engländer Louis Brennan erfahren. Brennan ſetzte den Kreiſel auf Landfahrzeuge, die auf einer Schiene liefen. Er zeigte einen kleinen Wagen, auf dem ein Knabe ſaß. Als Schiene diente ein Gasrohr, das auf dem Wege über einen kleinen Fluß durch einen Draht erſetzt wurde. November 1909 hat Brennan dann einen größern Wagen in Betrieb geſetzt, der für Laſtenförderung beſtimmt war, 22 Tonnen wog und 15 Tonnen Laſt aufnehmen konnte. Er war 12,6 m lang und über 3 m breit. Die Räder haben natürlich einen doppelten Spurkranz, damit ſie nicht von der Schiene heruntergleiten können. Der Wagen-

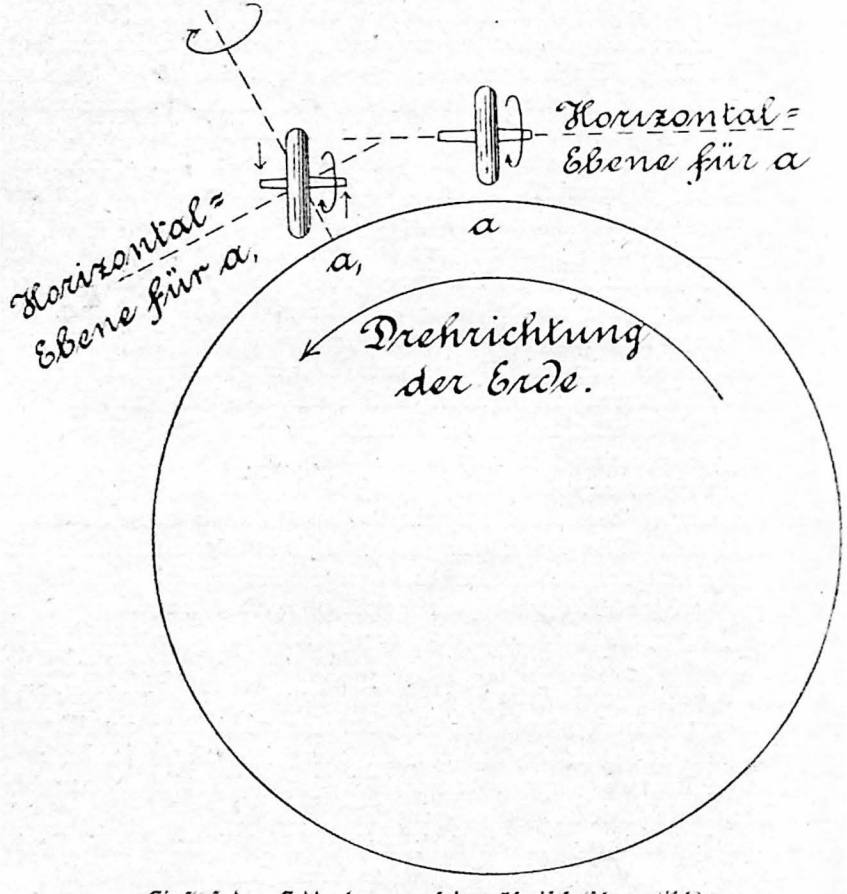
kaſten ruht auf zwei Drehgeſtellen mit je zwei hintereinander angeordneten Rädern von faſt 1 m Durchmeſſer. Zwei an den Drehgeſtellen angebrachte Elektromotoren trieben den Wagen an, deren jeder 80 Pferde leiſtete. Es ſind zwei Kreiſel vorhanden, die den Wagen im Gleichgewicht erhalten. Sie liefen mit 3000 Umdrehungen in der Minute. Die Schwungräder waren in ein faſt luftleer gepumptes Gehäuſe eingebaut, damit ſie möglichſt wenig Widerſtand finden. Dieſer koloſſale Wagen nahm nach dem Durchlaufen einer Kurve von 32 m Halbmeſſer eine entgegengeſetzte von 10½ m mit voller Belaſtung bei einer Geſchwindigkeit von 12 km in der Stunde. Die Kreiſel hielten den Wagen auch dann noch im Gleichgewicht, wenn auf der einen Seite des Wagens 38 Perſonen Platz genommen hatten. Das iſt jedenfalls ein viel großartigerer Verſuch als ihn der verſtorbene Berliner Zeitungsverleger Scherl hat ausführen laſſen, der hierzulande die Idee aufgenommen hatte und ſie mit großer Reklame als ſein ureigenſtes Machwerk in Szene ſetzte. Sein Wagen, der in Berlin gezeigt wurde, war ein kleines Modell von wenigen Metern Länge und etwa 1 m Höhe, der für etwa 3 Perſonen Platz bot, aber immer nur mit 3 Perſonen Belaſtung fuhr. Er wurde durch zwei Motoren angetrieben und hatte ebenfalls zwei Kreiſel, die mit 8000 Umläufen in der Minute gingen. Nach ſeinen Ankündigungen in einem für europäiſche Verhältniſſe ungewöhnlich geſchriebnen recht anregenden Buche mußte man einen ſchnellfahrenden Wagen erwarten, der mindeſtens ſeine 50 bis 60 km in kleinen Kurven nehmen könnte. Die Vorführungen des kleinen Wagens mit 10 km Höchſtgeſchwindigkeit bedeuteten eine große Enttäuſchung. Warum nicht eine größre Geſchwindigkeit gewählt wurde, war nicht zu erfahren. Jedenfalls war es das aber grade, was er praktiſch zeigen ſollte. Denn daß der Kreiſel imſtande iſt, bei entſprechender Ausführung beliebig große Fahrzeuge, ja Rieſenmaſſen, wie große Schiffe, zu ſtabiliſieren, wußten wir ſeit Schlick, aber nicht, daß ein Wagen praktiſch mit 200 km in der Stunde durch das Land ſauſen und dabei enge Kurven nehmen kann. Seit jener Zeit iſt es von der Scherlſchen Einſchienenbahn ganz ſtill geworden.

Die Anwendung des Kreiſels auf die Stabiliſierung von Landfahrzeugen iſt ein ſehr ſchwieriges Problem, das ganz wohl noch nicht gelöſt iſt. Die praktiſche Ausgeſtaltung iſt jedenfalls bisher noch in den allererſten Anfängen ſtecken geblieben.

Der magnetiſche Kompaß

Eine hochintereſſante und wichtige Anwendung hat der Kreiſel aber noch in andrer Weiſe in der Schiffahrt gefunden. Wenn weit und breit nichts zu ſehen iſt als das Meer, dann iſt der Schiffer auf das ewige Feſte und ſcheinbar Unveränderliche angewieſen auf das Firmament. In den Himmel muß er greifen, um den feſten Stand-

punkt zu gewinnen, den ihm die Mutter Erde dann versagt. Was aber, wenn Wolken oder Nebel den Ausblick in den Weltraum versagen? Dann ist das wichtigste Instrument neben der Uhr der Kompaß. Der Magnetismus der Erde wirkt auch durch Nebel und Wolken, durch Wind und Wetter, bei Tag und bei Nacht, nur nicht durch das viele Eisen, das man jetzt mehr und mehr in den Schiffen



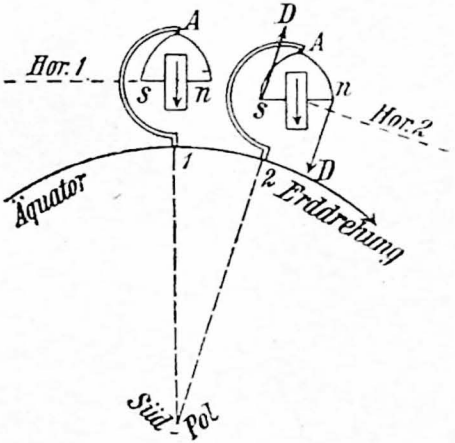
Einfluß der Erddrehung auf den Kreisel (schematisch)

anhäuft. Auch die elektrischen Ströme, die das Schiff an allen Ecken und Enden als Arbeits- und Beleuchtungsenergie durchziehen, verwirren das sonst so untrügliche unsichtbare Gefühl des Kompasses. Es ist eigentlich erstaunlich, wieviel unter allen den widrigen modernen Verhältnissen auf großen Schiffen der Magnetkompaß noch immer zu leisten vermag, wenn auch nicht zu verhehlen ist, daß er schon lange nicht mehr auf der Höhe steht, die die Schiffahrt braucht. Nament-

lich die Kriegsschiffe empfinden die Fehler des alten Magnetkompasses mehr und mehr. Sie, die zum großen Teile von Eisen- und Stahlpanzern umgeben sind, die überall elektrisch angetriebne Hilfsapparate, Maschinen und Beleuchtungen haben, die drehbare Panzertürme beherbergen, alle magnetisch und zu verschiedner Zeit verschieden magnetisch, haben von dem Magnetkompaß nur noch fragwürdigen Nutzen.

Wird das Schiff gar von Geschossen getroffen oder löst es selbst Schüsse, so verändern diese schweren Erschütterungen den Magnetismus des Panzers in ganz unkontrollierbarer Weise, so daß nicht einmal die mühsam erworbnen Lokalumstände auf dem Schiffe berücksichtigt werden können.

Das Unterseeboot ist vollends unmöglich, wenn es auf den Magnetkompaß allein angewiesen wäre. Denn die vollkommen geschlossne Eisenhülle schafft im Innern einen Raum, der für den Erdmagnetismus nicht existiert, in dem sein Bann erloschen ist. Was würde da der Magnetkompaß noch nützen?



Am Erdäquator horizontal aufgehängter Kreisel

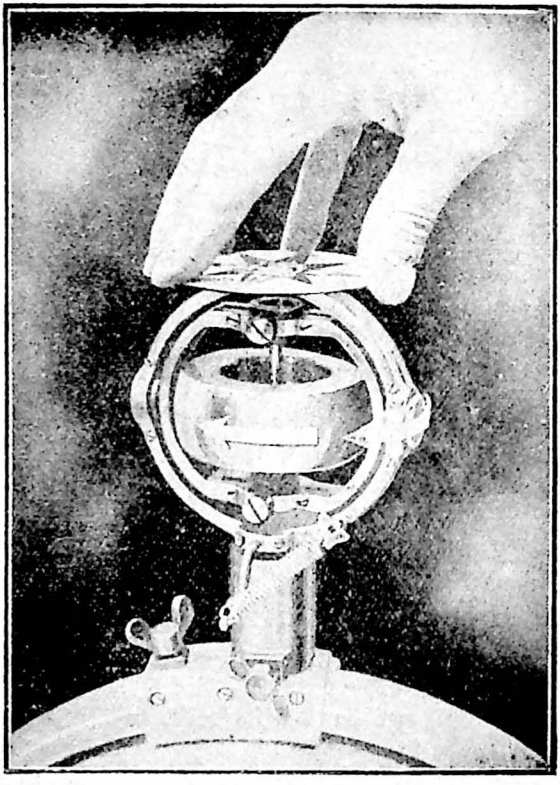
Die Erddrehung als Kompaßrichtkraft

Glücklicherweise hat jedes Schiff, das sich auf schwankendem Meere bewegt, doch noch einige feste Eigenschaften, die es als zur Erde gehörend kennzeichnen, nämlich die Schwerkraft und die Erddrehung. Wo auch das Schiff sich befinden mag, überall unterliegt es der Schwerkraft und der an dem betreffenden Orte in spezieller Eigentümlichkeit vorhandnen Erddrehung. Sollten sich diese Tatsachen nicht zur Gewinnung fester Stützpunkte für die Rechnung des Schiffers ausnutzen lassen?

Wieder ist es der Kreisel, der hier helfend eingreift und imstande ist, diese physikalischen Merkmale zu einem Instrument zu verwerten. In Frankreich und England sind bereits vor 30 Jahren dahingehende Versuche unternommen worden und in Deutschland sind solche namentlich von Siemens & Halske und von Dr. Anschütz-Kämpfe angestellt worden. Aber erst seit einem Jahrzehnt sind praktisch brauchbare Konstruktionen durch den letztgenannten Herrn auf den Markt gekommen, der erste 1911. Die darauf verwendete zehn Jahre lange Arbeit hat über eine Million Goldmark gekostet, jedoch

auch Inſtrumente von einer Vollkommenheit und Güte gezeitigt, die noch vor anderthalb Jahrzehnten ſelbſt in Fachkreiſen kaum theoretiſch für möglich gehalten wurde.

Verſuchen wir einmal, unſre Betrachtungen auf den Fall anzuwenden, wie er in einem Kompaß verwirklicht werden kann. Wir



Der Kreiſel ſtellt ſeine Achſe der durch die Hand aufgezwungnen Drehung um die ſenkrechte Achſe parallel

wählen dazu den einfachen Fall, daß ſich ein Kreiſel mit wagrechter Achſe am Erdäquator ſo aufgehängt befindet, daß die Achſe $A_w A_o$ wagrecht liegt und von Oſt nach Weſt zeigt. Von Weſt und Süd aus geſehen ſchwinge ſich die Kreiſelſcheibe im Sinne des Uhrzeigers um ihre Achſe. In unſern Bildern ſei dieſe Stellung mit I bezeichnet. Nach kurzer Zeit gelangt der Kreiſel von dieſer Stellung in eine andre II, da ſich ja die Erde während dieſer Zeit um den Winkel w_o gedreht hat. Wir wiſſen, daß dann der Kreiſel ſeine Richtung beizubehalten

bestrebt ist. Inzwischen hat sich jedoch die Richtung der Schwerkraft geändert und bildet nun mit der neuen Horizontalen ebenfalls den Winkel w_0, d. h. ihr Ostende hat sich um diesen Betrag gehoben, ihr Westende um ebensoviel gesenkt. Dieser Zustand ist auf die Dauer nicht haltbar, denn die Schwerkraft wirkt auf die Kreiselmasse derart ein, daß das Ostende der Achse nach unten gezogen, das Westende nach oben gedrückt wird (wie die Fadenspannung der Aufhängung in der Stellung II schematisch kennzeichnet). Wir wissen aber, daß der Kreisel diesen Einwirkungen in der Weise nachgibt, daß er senkrecht zu ihnen ausweicht. Im Falle der von uns angenommenen Drehrichtung weicht das Ostende der Achse nach Norden zu aus. Diese Einwirkung findet jedoch nur so lange statt, bis die Kreiselachse in die Meridianebne gekommen ist. In dieser Stellung ist die Einwirkung der Schwerkraft auf die beiden Achsenenden gleich groß, so daß zu weitrer Drehung des Kreisels kein Anlaß mehr vorliegt.

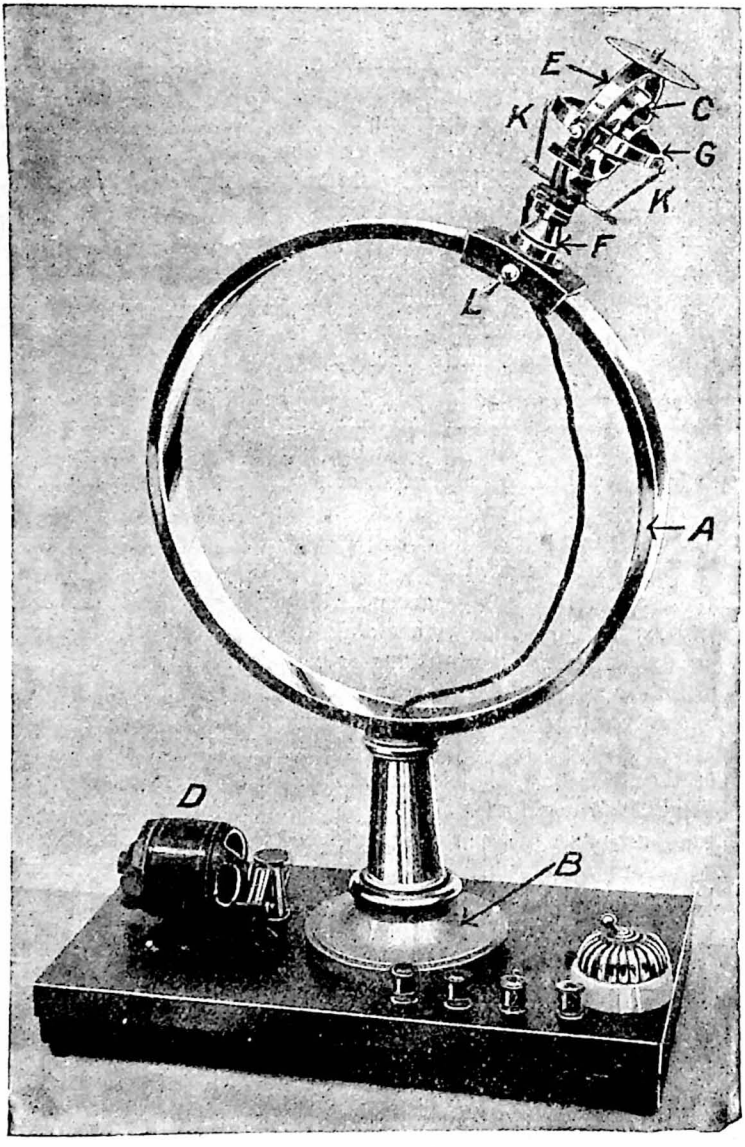
Wir erkennen allgemein, daß der Kreisel keine Einwirkung erfährt, wenn seine Achse am Äquator im Meridian liegt. Und da am Äquator alle Meridiane gleiche Richtung haben, parallel sind, bleibt ein einmal in diese Stellung gelangter Kreisel von der Erddrehung unbeeinflußt. Solange er sich in dieser Lage nicht befindet, strebt er ihr aber zu. Dann ist in jedem Fall die Kreiselachse und die Erdachse parallel und der Drehsinn gleich.

Das Bestreben eines rotierenden Kreisels, seine Drehachse der Erdachse parallel zu stellen, wird aber dadurch nicht aufgehoben, daß er sich nicht genau mehr am Äquator befindet. Das Bestreben bleibt bestehen und der Kreisel wird ihm so weit wie möglich nachgeben. Das geschieht in der jeweils vollkommensten Weise, wenn seine Achse im Meridian steht, so daß ein rotierender Kreisel überall auf der Erde seine Achse zur Erdachse gleichlaufend zu stellen versuchen wird. Ein Ende seiner Achse wird nach Norden zeigen, das andre nach Süden, und zwar nicht nach dem falschen magnetischen Norden und Süden, wie ihn der Magnetkompaß angibt, sondern nach dem richtigen astronomischen, dem allein wertvollen.

Der Kreiselkompaß

Ein Modell, das den Einfluß der Erddrehung auf einen Kreisel veranschaulicht, zeigt unser Bild auf Seite 322. A veranschaulicht einen Meridian, auf dem mittels eines Schiebers L der ganze Kreisel verschoben werden kann, so sein Verrücken in der geographischen Breite veranschaulichend. Der Meridian, der innerhalb einer ganzen Kugel die Erde tragen könnte, ist seinerseits in dem Fuße B drehbar. Der Kreisel liegt oben; er wird mittels Drehstroms betrieben, der aus dem Umformer D (für Gleichstrom) entnommen wird. Der Kreisel hängt in einem inneren Ringe G, der seinerseits wieder in Spitzen und in einem äußeren Ringe E drehbar ist. E ruht auf

dem drehbaren Fuße F. Die Stromzuführung zum Drehstromkreisel geschieht durch die elastischen Schnüre K, die zugleich den Zug der



Modell zur Demonstration des Einflusses der Erddrehung auf einen Kreisel

Schwere ausüben und den Kreisel zum Meridian- (Erd-) mittelpunkt ziehen. Erteilt man dem Meridianringe A mit der Hand eine langsame

Drehung, so stellt der Kreisel seine Achse nach einigen pendelnden Bewegungen dem Ring parallel. Das Modell gestattet ferner die Beobachtung der Abnahme der richtenden Kraft mit der Zunahme der geographischen Breite; es läßt ferner beobachten, wie die Kreiselachse um 180° anders zeigt, sobald wir die Drehrichtung des Meridianrings umkehren, so daß man richtig von einem Nord- und einem Südpol der Achse sprechen kann, nur daß hier nicht Magnetismus, sondern rein mechanische Umstände die Polarität bedingen.

Wir erkennen also in dem rotierenden Kompaß die Mittel, uns von dem Magnetkompaß freizumachen, der die bereits geschilderten Unzuträglichkeiten besitzt.

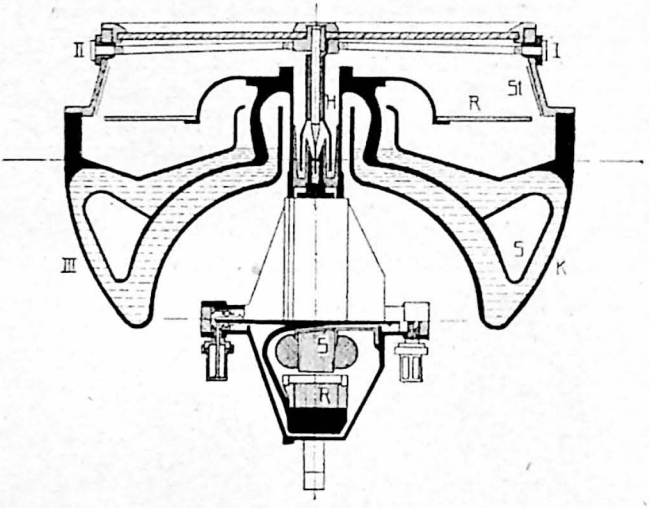
Wir gewinnen durch den Kreiselkompaß die richtige astronomische Nord-Süd-Richtung. Wie groß dieser Vorteil ist, erkennt man auch daraus, daß die magnetischen Richtlinien und Kompaßweisungen für jeden Erdort keine festen sind, sondern daß sie sich mit der Zeit verändern. In der Nähe von Küsten und Inseln haben sie höchst verwickelte Gestaltungen, wenn man ihnen ortsverändernd folgt, so daß man diese und ihre Veränderungen genau kennen muß, um sich mit Hilfe des Magnetkompasses orientieren zu können. Das alles vermeidet der Kreiselkompaß, wenn auch er nicht von Mängeln frei ist.

Die „Fehler“ des Kreiselkompasses

Ein erster Mangel folgt bereits aus unsern ersten grundlegenden Betrachtungen. Wir sahen, daß die Einstellung am vollkommensten im Erdäquator erfolgt, weniger genau außerhalb desselben. Wir erkennen auch, daß sie um so mangelhafter wird, je weiter wir nach den Polen zu rücken. Die Richtkraft des Kreisels nimmt nach den Polen zu ab. In 60° Breite ist sie auf die Hälfte, in 75° auf ein Viertel, in 85° auf ein Zehntel gesunken. An den Polen ist sie Null. Allerdings pflegt man sich in den höchsten auf den Kreisel wenig wirksamen Breiten selten zu bewegen. Aber noch etwas tritt störend hinzu. Schwingt der Kreisel beim Fahren des Schiffes in die neue Richtung ein, so schlägt er wie ein Pendel über die neue Ruhelage hinaus. Dem folgt ein Rückschwingen über die Ruhelage usf. Dieses Schwingen ist um so störender, je länger die einzelne Schwingung dauert. Bei dem großen Magnetkompaß ist dazu die Zeit von fast einer halben Minute erforderlich, beim Kreiselkompaß beträgt sie jedoch 1 bis 2 Stunden. Das ist natürlich ein Zustand, der den Kreiselkompaß unbrauchbar machen würde. Denn man könnte nie erkennen, wo die wirkliche Ruhelage ist, wenn man nicht mehrere Stunden lang unausgesetzt beobachtete. Erst eine starke Dämpfung der Schwingungen verminderte diesen Mangel auf ein erträgliches Maß. Man gewann sie in der eignen mitgerissnen Luft, die das Kreiselrad in Bewegung setzt. Mit ihrer Hilfe bremst man die Schwingungen ab. Die Dämpfung bewirkt aber, daß der Kreisel je nach der geographischen Breite, auf

der er sich befindet, falsch zeigt. Dieser „Breitenfehler" ist am Äquator Null, auf 60° Breite etwa 2° und auf 75° etwa 5°; er kann leicht berücksichtigt werden, da man die angenäherte Breite, in der man sich befindet, ungefähr wenigstens immer kennt.

Auf den Grund des Breitenfehlers wie auch der andern noch vorhandnen einzugehen, würde zu weit führen. Einige andre seien daher nur noch erwähnt. Es gibt noch einen „Fahrtfehler", der dadurch entsteht, daß sich das Schiff nicht auf einem Breitenkreise, sondern beliebig bewegt. Auch dieser Einfluß unterliegt der Berechnung. — Schließlich sei noch der „ballistische Fehler" erwähnt. Das Schiff fahre nach Norden und halte plötzlich an! Durch die Trägheit seiner Masse wird sich der Kreisel noch etwas weiter bewegen, das Nordende



Schematischer Schnitt durch einen Kreiselkompaß

seiner Drehachse wird nach oben gedrückt, das Südende gesenkt werden und der Kreisel wird einen Ausschlag nach Osten machen, der erst wieder zurückgeht, wenn das Schiff gleichmäßig weiterfährt oder stehen bleibt. Auch Änderungen in der Kursrichtung machen sich ähnlich bemerkbar. Diese Fehler aber haben den Nachteil, daß sie nicht ohne weiters berücksichtigt werden können, weil sie während der Fahrt einander überdecken. Andre schlimme Fehler sind die durch Schlingern, Stampfen, Maschinenbewegungen und Deckvibrationen entstehenden, wobei allemal die rhythmischen Bewegungen die unangenehmsten sind. Man hat gelernt, sie zu vermeiden, und ist jedenfalls bemüht, den Kreiselkompaß in demjenigen Raume des Schiffes unterzubringen, der am ruhigsten liegt. Da man die Kompaßrose jedoch an bestimmten Orten braucht, so mußte man für Fernübertragung von dem Original- oder Mutterkompaß sorgen. Das ist in so hervorragender Weise

geſchehen, daß man Tochterroſen überall anbringen kann, wo man ſie braucht, ob notwendig oder auch bloß zum Luxus.

Die Einrichtung des Anſchützſchen Kreiſelkompaſſes

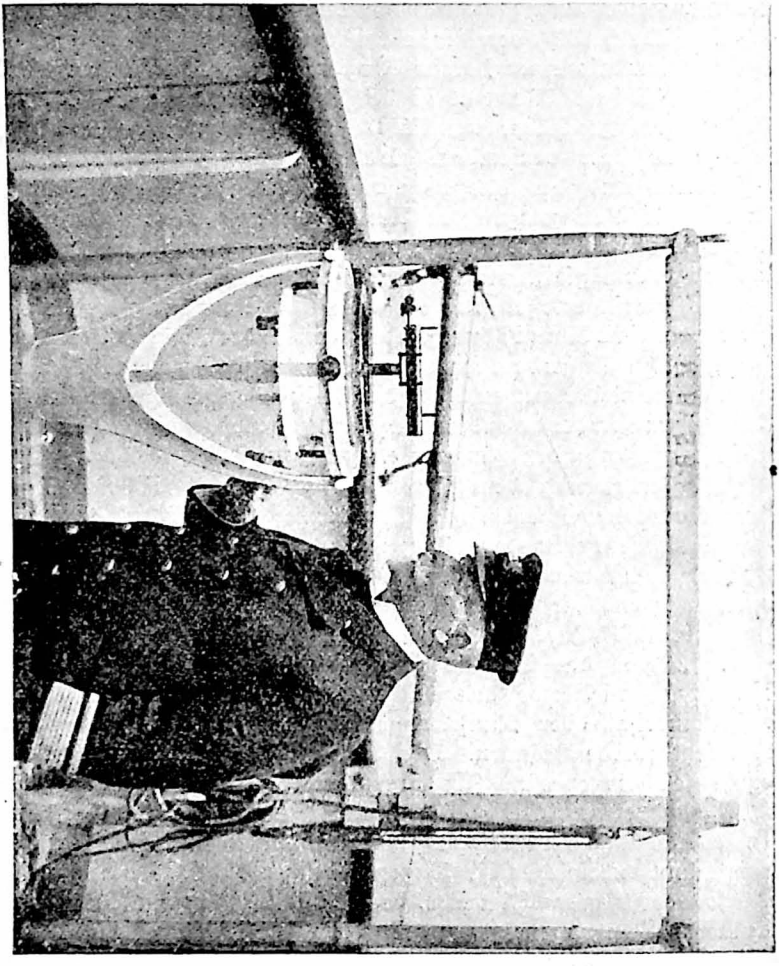
Die Kappe, die links und rechts die Lager des Kreiſels trägt, iſt vermittels eines Anſatzſtückes an den Schwimmer S befeſtigt. (Wir ſehen auf dem Bilde S. 324 von dem Schwimmer nur zwei Querſchnitte und haben ihn uns als einen hohlen Ring aus weichem Eiſen vorzuſtellen.) Aus dem gleichen Material iſt der ebenfalls ringförmige Keſſel K gefertigt, der Queckſilber enthält. Mit dem Schwimmer S iſt ferner die Roſe R ſtarr verbunden, die demzufolge alle Bewegungen des Schwimmers und des Kreiſels mitmacht. An der Teilung der Roſe leſen wir die Bewegungen der Kreiſelachſe in der Horizontalebne ab, während uns eine auf der Roſe angebrachte hier nicht mit dargeſtellte Waſſerwage ermöglicht, etwaige Hebungen der Achſe zu erkennen.

Der Queckſilberkeſſel iſt in bekannter Weiſe cardaniſch gehängt; der äußre cardaniſche Ring iſt durch Federn und andre elaſtiſche Mittel gegen Stöße geſchützt. Außerdem kann das ſchwimmende Syſtem im Queckſilber etwas auf- und niedertauchen, ſo daß der Kreiſel allen harten Stößen entzogen iſt. Abgeſehen von der beſondern ringförmigen Geſtalt weicht die Hängung im Prinzip nicht von der Hängung eines magnetiſchen Fluidkompaſſes ab.

Zur Zentrierung des ſchwimmenden Syſtems iſt ein Stift St in die Glasplatte Gl eingeſetzt. Konzentriſch zum Stift iſt eine Stromzuführungshülſe vorhanden. Dieſe und der Stift leiten je eine Phaſe des Drehſtroms vermittels konzentriſcher Queckſilberkontakte in den Kreiſel, während die dritte Phaſe als Körperſchluß durch den Keſſel, Schwimmer und Queckſilber verlegt iſt.

Der Motor des Kreiſels (hier nicht eingezeichnet) iſt als Dreiphaſen-Aſynchron-Motor ausgebildet; der Stator trägt die Wicklung und iſt innerhalb der Kreiſelkappe angebracht, ſo daß alle Leitungen feſt verlegt werden können. Der Rotor iſt in den Schwungring des Kreiſels feſt eingepreßt. Im normalen Betriebe macht der Kreiſel 20 000 Umdrehungen in der Minute. Er iſt aus Nickelſtahl hergeſtellt, Welle und Körper aus einem Stück, ſo daß jede Fuge oder Verſchraubung vermieden iſt. Dagegen beſitzen die Lagerenden Auflagen von beſonders hartem Material, das ſelbſt nach langem Betriebe keine weſentliche Abnutzung zeigt und im Bedarfsfalle ausgewechſelt werden kann. Die Achſe iſt nach dem Lavalſchen Vorbilde als „ſchwanke Welle“ ausgebildet, wodurch ſich der Schwerpunkt des Kreiſels ſelbſttätig in die Rotationsachſe einſtellt, ſobald die Tourenzahl die „kritiſche“ überſchritten hat. Trotz der verhältnismäßig ſchwachen Welle iſt der Kreiſel im Betriebe gegen Stöße vollkommen unempfindlich, da ſich die Achſe auch während des kürzeſten Stoßes immer einige Male um ſich ſelbſt dreht (333 Mal in der Sekunde), und ſo die biegenden Kräfte nacheinander von allen Seiten auf die Achſe einwirken.

Die Kreiſelkappe beſitzt auf beiden Seiten in der Nähe der Welle einige Luftzuführungslöcher und am Umfange einen Ausſchnitt mit daranſchließender Düſe. Dieſe Anordnung wirkt bei der hohen Tourenzahl des Kreiſels als Zentrifuge und erzeugt einen kräftigen Luftſtrom,



Tochterkompaß auf dem Imperator

der neben der Kühlung des Kreiſelmotors die Aufgabe hat, die Schwingungen des Kreiſels um die Nord-Süd-Richtung zu dämpfen.

Mutter- und Tochterkompaſſe

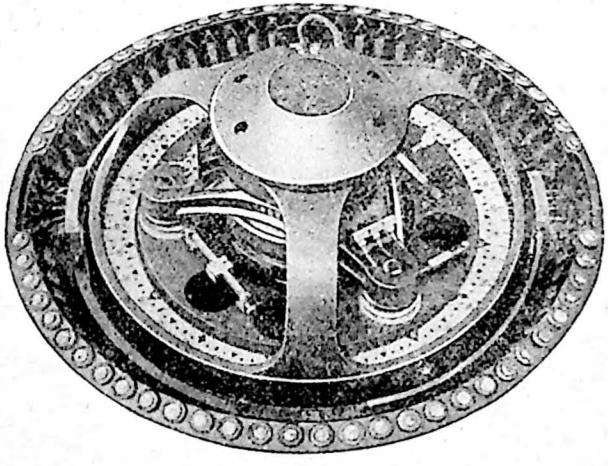
Das Ausſehen eines Kreiſelkompaſſes an Bord zeigt das Bild S. 327. Wie ſchon geſagt, iſt es mittels des Anſchützſchen Apparates möglich, beliebig viele Tochterkompaſſe in Betrieb zu halten. Zu dem Zwecke

bekommt der Mutterkompaß eine besondre Form. Auf seine Einrichtung können wir uns nicht näher einlassen. Es sei nur gesagt, daß der Kreisel selbst nur eine Kontaktvorrichtung zu betätigen hat, die einen Wendemotor in einer oder der andern Richtung antreibt. Synchron mit diesem laufen die Antriebsmotoren der Tochterkompasse. Das Aussehen eines Tochterkompasses zeigt das Bild Seite 326.

Die Fehler, die die Anzeigen des Anschütz-Kämpfeschen Kreiselkompasses haben können, können ja nach den Umständen bis zu 2° betragen, erreichen in den meisten Fällen jedoch kaum 1°.

Weitre Anwendungen des Kreiselkompasses

Aus der Reihe höchst interessanter Anwendungen läßt sich der Schluß ziehen, daß sich der Kreisel noch immer neue Anwendungs-



Dreifacher Mutterkompaß, neue Form, von oben gesehen

gebiete erobern wird. Als physikalisches Spielzeug ist er durchaus nicht so neu, wie es nach der Schwierigkeit des ihm zu Grunde liegenden Prinzips erscheinen möchte; aber erst die gesteigerten technischen Möglichkeiten der Jetztzeit erlaubten, aus ihm das zu machen, was bisher geschehen ist.

Der Vermessungskreisel

Auch für Vermessungszwecke wird der Kreiselkompaß verwendet. Er erhält dazu natürlich eine besondre Form. Seine Aufgabe ist dabei, die Richtung des Meridians am Aufstellungsort anzuzeigen. Das ist besonders da von Wert, wo man sonst kaum andre Beobachtungsmittel hat, z. B. unter Tage, also zur Festlegung des Grubennetzes.

Solche Vermeſſungskreiſel müſſen eine ſehr große Richtkraft beſitzen, damit die Kreiſelachſe bei irgendwelchen Auslenkungen aus dem Meridian in dieſen wieder zurückgeführt wird, und zwar eindeutig ſo, daß die Drehung von Kreiſel und Erde gleichſinnig iſt. Die Richtkraft verſchwindet nur für einen Kreiſel, deſſen Achſenrichtung zum Meridian parallel ſteht. Die Genauigkeit der Weiſung iſt von der Größe der Richtkraft abhängig. Dieſe iſt allerdings je nach der geographiſchen Breite verſchieden. Im weſtfäliſchen Kohlengebiet hat ſich der Kreiſel bewährt, wir können uns alſo bis 60^0 nördlicher und ſüdlicher Breite auf den Vermeſſungskreiſel verlaſſen. In 60^0 bis 72^0 Breite müſſen wir bereits mit den doppelten Fehlern rechnen und bei noch höheren Breiten kann der Apparat nur mit größter Vorſicht gebraucht werden. Um die Richtkraft zu vergrößern, ſtehen zwei Mittel zur Verfügung. Entweder muß die Maſſe des Kreiſels vergrößert werden — das hat wenig Wert, weil mit dem Gewicht auch die Reibung der Aufhängung wächſt — oder, und das bleibt der einzige Weg, die Umfangsgeſchwindigkeit muß geſteigert werden. Die Feſtigkeit des Materials muß alſo bis aufs Äußerſte ausgenutzt werden, um die Genauigkeit des Vermeſſungskreiſels bis auf das Höchſtmaß zu ſteigern.

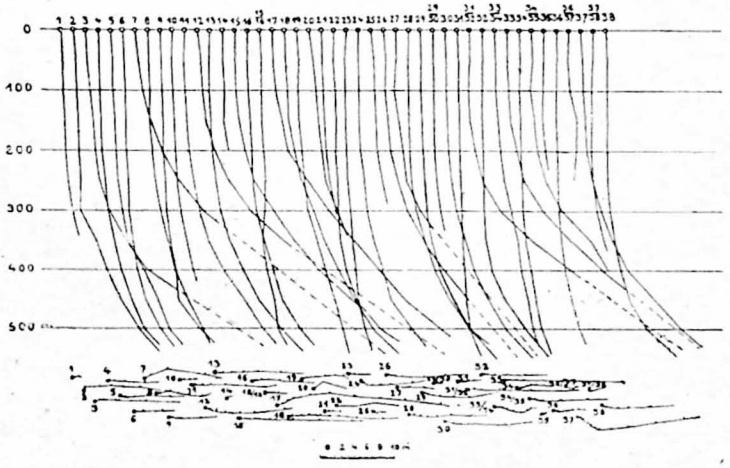
Die techniſche Anordnung des Vermeſſungskreiſels

In einem Gefäß, das z. T. mit Queckſilber gefüllt iſt, befindet ſich ein Schwimmer. Den Kreiſelkörper ſchließt eine Kreiſelkappe ein, die von zwei Bügeln getragen wird. Der Kreiſelkörper rotiert in Lagern und wird durch einen Elektromotor angetrieben. Die Elektrizität wird durch Queckſilberkontakte zugeführt, damit die Reibung möglichſt gering iſt. Am einen Ende der Kreiſelkappe ſitzt ein Spiegel, der die Richtung der Kreiſelachſe abzuleſen und ihre Schwingungsbewegungen zu verfolgen geſtattet. Um einen Kollimationsfehler zwiſchen Spiegel und Kreiſelachſe auszuſchalten, läßt ſich die Kreiſelkappe mit Spiegel um die Rotationsachſe des Kreiſels 180^0 durchſchlagen. Vor dem Kreiſelapparat auf denſelben Stativ ſteht ein Theodolit. Durch die Mittelachſe des Fernrohrs läßt man auf den Spiegel einen Lichtſtrahl fallen und kann ſodann auf einer Okularſkala die Schwingungsausſchläge des Kreiſels unmittelbar ableſen. Der Kollimationsfehler des Lichtpunkts und der Okularſkala werden durch das Durchſchlagen der Fernrohrs beſeitigt. — Die Tourenzahl des Kreiſels beträgt 19000 in der Minute.

Die Fehler des Vermeſſungskreiſels

Der Kreiſel iſt ein ſo empfindliches Inſtrument, daß die kleinſten Störungen bei ihm Abweichungen hervorrufen. Dieſe müſſen bei den Meſſungen natürlich berückſichtigt werden. Schon Temperaturunterſchiede in den Metallen, die ſich während des Betriebes des Kreiſels ändern,

geben zu Verzerrungen Anlaß, die auf den Gang nicht ohne Einfluß bleiben. Um möglichst gleichmäßige Temperaturverhältnisse in allen Teilen des Apparates zu erzielen, soll der Kreisel wenigstens vier Stunden vor Beginn der Messung angetrieben werden. Auch die Reibung in der Aufhängung gibt eine Schwingung; jene läßt sich aus dieser erschließen. Die Flüssigkeitsreibung ist gering und verursacht keinen nennenswerten Fehler. Man muß allerdings darauf achten, daß das Quecksilber nicht verschmutzt. Um den Einfluß von durch Erwärmung der eingeschlossenen Gase entstehenden Gaswirbel zu vermeiden, muß man alle Teile des Apparats möglichst symmetrisch bauen und das Kreiselsystem in ein möglichst leichtes Gas, am besten Wasserstoff, verschließen. Man muß ferner dafür sorgen, daß die



45 Erdbohrungen bis zu 550 m Tiefe

Kreiselachse möglichst wagrecht liegt und die Schwankungen in der Tourenzahl möglichst gering sind, weil auch dadurch Schwingungen des Kreisels erzeugt werden. Da alle diese Umstände Schwingungen hervorrufen, kann man sie durch langausgedehnte Beobachtung berücksichtigen und so fast jede gewünschte Genauigkeit erzielen.

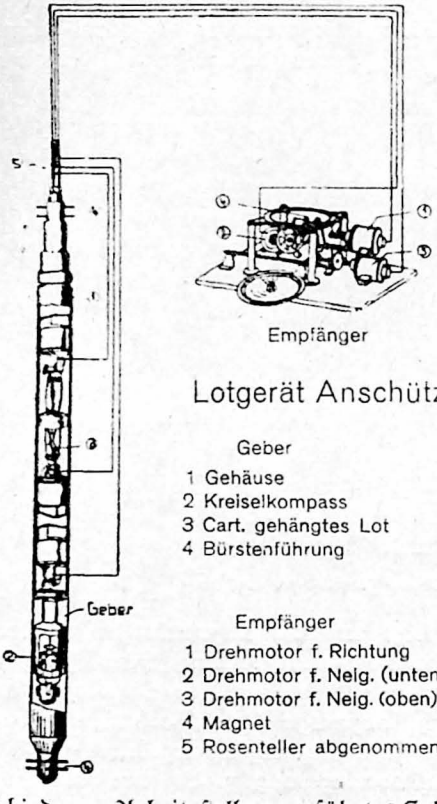
Andre Fehler, wie Schwerpunktsverlagerung, z. B. durch Wärmedehnungen, lassen sich nicht ausmerzen, wenn auch durch längre Beobachtung wesentlich herabmindern. Deshalb wird eine Beobachtungsdauer von 1 bis 2 Stunden empfohlen.

Tiefbohrungen in der Erde

Man hört des öftern vom „tiefsten Bohrloch der Erde", und die meisten Zeitgenossen ahnen nicht, was hinter diesen Worten steckt. Das Bohren von Löchern in die Erde hat natürlich nicht etwa bloß einen wissenschaftlichen Zweck, sondern ist grade wirtschaftlich von

erheblicher Bedeutung. Die meisten Bohrungen werden ja doch zur Feststellung ausbeutungsfähiger Adern und Gänge unternommen. Sonst würde man so kostspielige Unternehmungen nicht ausführen.

Bohrt man nun in der Erde, so treten allerlei scheinbar ganz nebensächliche Umstände in den Vordergrund. Allein die Beantwortung der Frage: wie tief ist das Bohrloch? dürfte jedem zeigen, daß die Dinge nicht so einfach liegen. Zur Beantwortung muß man nämlich wissen, ob das Loch wirklich senkrecht steht, und man erkennt, daß diese Feststellung gar nicht so einfach ist. Bei einiger Vertiefung in dieses notwendige Problem muß man sogar feststellen, daß die Antwort besonders bei Tiefbohrungen beinahe unmöglich erscheint.



Tatsächlich haben die meisten Bohrfirmen, so große Erfahrungen sie auch in der Bohrpraxis besitzen, sich meist nicht allzusehr den Kopf darüber zerbrochen, ob die Bohrlöcher wirklich senkrecht stehen, sondern eben gebohrt und aus der Länge des Bohrgestänges die erbohrte Tiefe angegeben. Damit könnten sie jedoch in Wirklichkeit nur sagen, wie lang das Bohrloch ist, weiter nichts.

Wissenschaftlich nachgemessne Bohrlöcher haben ergeben, daß daß selbst bei flachen Bohrungen schon erhebliche Abweichungen vom Lot vorkommen. Die Lotgesellschaft Neumühlen bei Kiel hatte durch eine große Zahl von Vermessungen, die sie auf verschiedenen Arbeitsstellen ausführte, Gelegenheit, solche manchmal ans Unglaubliche grenzenden Abweichungen festzustellen. In unserem Bilde sind die Vermessungen von 45 Bohrungen zusammengestellt. In einer andern von 31 Bohrungen zeigen die 24 in einer Tiefe von 100 m eine mittlere Abweichung von 2,1 m, bei 200 m eine solche von 6 m. Eine Bohrung, die 225 m tief geht, hat schon bei 150 m Tiefe 13 m Abweichung vom Lot. Bei den nächsten auf 225 m vermessnen Bohrungen mußte die Vermessung in der abgebrochnen Tiefe unterbleiben, weil für diese Neigungen das Lotgerät nicht ausreichte. Zeichnet man sich den

Verlauf einer andern Bohrung bis zu einer Tiefe von 225 m ein, ſo kommt man auf eine Abweichung von ungefähr 21 m. Stellt man ſich ein ſolches Rohr in natürlichen Größen vor, ſo hat man eine Abweichung von der Senkrechten bei 5 m Meßpunktabſtand von ungefähr 75 cm verzeichnet. Daß eine ſolche Abweichung möglich iſt, darüber ſind ſich die Bohrfirmen ſicher nicht klar geweſen. Die in dieſer Zuſammenſtellung ſenkrecht eingezeichneten Bohrungen ſind auch wirklich alle ſenkrecht gebohrt; ſie ſind unter Kontrolle des Lotgeräts abgebohrt worden. Man erkennt daraus den großen Wert dieſes Hilfsmittels.

Die 45 Bohrungen der Abbildung auf S. 329 ſind bis zu 500 m und 550 m Tiefe abgebohrt. Bei dieſen beträgt die mittlere Abweichung von der Senkrechten bei 100 m Teufe etwa 0,2 m mit 45 Bohrungen, bei 200 m Teufe etwa 0,7 m mit 45 Bohrungen, bei 300 m Teufe etwa 2,3 m mit 44 Bohrungen, bei 400 m Teufe ungefähr 6,2 m mit 40 Bohrungen und bei 500 m Teufe etwa 11 m mit 32 Bohrungen. Bei dieſer Gruppe von Vermeſſungen iſt die mittlere Abweichung von der Senkrechten gegen die Vermeſſungen aus dem vorhergehenden Beiſpiel bedeutend kleiner bis zu einer Teufe von 200 m, die mittleren Abweichungen werden jedoch mit fallender Teufe immer größer und betragen bei 500 m Teufe bei 32 Bohrungen etwa 11 m im Mittel. Bei einem Bohrloch kommt ſogar eine Abweichung von 28 m vor! Hätten die Bohrlöcher 7 und 12, die bei 320 bzw. 350 m ſchon für das Lotgerät nicht mehr meßbare Abweichungen hatten, bis zur fertig abgebohrten Endteufe von 550 m vermeſſen werden können, ſo kommt ſicherlich eine Abweichung von 35 bis 40 m heraus.

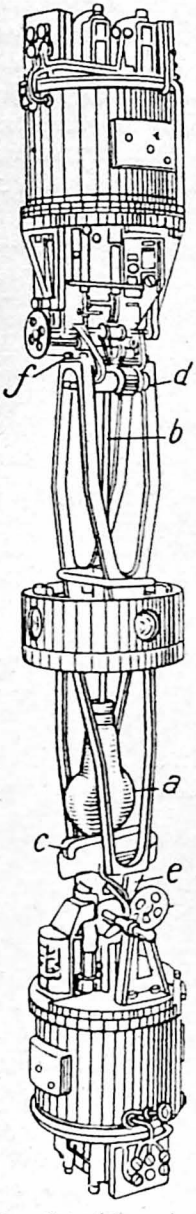
Die Bohrlöcher verlaufen übrigens nicht faſt alle in der gleichen Richtung, z. B. in der Richtung des Gebirgseinfallens, ſondern in alle Himmelsrichtungen, ganz ungeſetzmäßig. Das Bild ſtellt den wirklichen Verlauf der letzten 45 Bohrungen dar.

Man erkennt, daß man bei allen Bohrungen ſtets mit erheblichen Abweichungen rechnen muß. Man muß alſo bei einigen Tiefen die Sohle der Bohrung immer auf einigen Metern im Umkreis ſuchen. Das bedeutet eine ſchwere Unſicherheit, die oft große wirtſchaftliche Folgen hat. Sie zu vermeiden, hat Anſchütz-Kämpfe ſeinen Bohrlochneigungsmeſſer konſtruiert, der geſtattet, die Bohrungen immerwährend zu kontrollieren und feſtgeſtellte Fehler noch berichtigen und das Bohrloch beſſern zu können. Unter Anwendung des neuen Lotgeräts laſſen ſich Fehlbohrungen vollſtändig vermeiden.

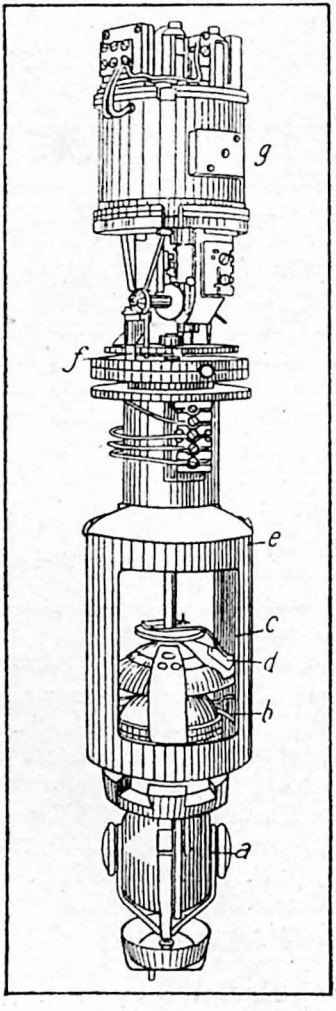
Der Bohrlochneigungsmeſſer

Die Aufgabe, einen Bohrlochneigungsmeſſer unter Anwendung des Kreiſelkompaſſes zu konſtruieren, war überaus ſchwierig. Hatte

doch der bis dahin bekannte Kreiſelkompaß etwa einen halben Meter Breitenausdehnung. Wieviel ſteht aber im Erdbohrloch zur Verfügung? Es war ausgeſchloſſen, einen Bohrlochneigungsmeſſer zu bauen, wenn es nicht gelang, einen Kreiſel herzuſtellen, der nur etwa 10 cm Breite beanſprucht. Aber auch dieſes Kunſtſtück hat Dr. Anſchütz fertiggebracht. Bei ſeinem Bohrlochneigungsmeſſer wird die Abweichungsgröße des Bohrlochs durch ein ſtarres Lot gemeſſen. Kompaß und Lot ſind mit Geberapparaten verſehen und dieſe ſtehen mit einem Empfangsapparat über Tage in Verbindung. Der Lotzylinder wird an einem Haltkabel in das Bohrloch eingelaſſen, das außen eine Längenteilung trägt und in ſeinem Innern die elektriſchen Leitungen zwiſchen Geber und Bohrloch im Empfänger über Tage enthält. Man lieſt über Tage am Empfangsapparat unmittelbar die Neigung eines Bohrlochs an beliebiger Stelle nach Richtung und Größe ab, während die Teufe ſelbſt am Kabel abgeleſen wird.



Das Lotgehänge im Anſchütz-Lotapparat



Der Kreiſelkompaß im Lotapparat

Der ganze Lotapparat beſteht aus drei Teilen: dem eigentlichen Lotapparat, dem Anzeigeapparat über Tage, alſo dem Empfänger, und dem Lotwagen mit Kabel, Hilfseinrichtungen und Zubehör.

Der eigentliche Lot-Apparat oder Geber

In einem druckſichern Stahlzylinder 1 (Bild S. 330) befinden ſich ein Kreiſelkompaß 2 zur Angabe der Richtung und ein cardaniſch aufgehängtes ſtarres Lot 3 zur Angabe der Größe der Neigung des Bohrlochs an beliebiger Stelle. Der Zylinder trägt oben und unten Führungsſtahlbürſten 4; er wird am Kabel 5 in das Bohrloch eingelaſſen.

Der Kreiſelkompaß des Lotapparats

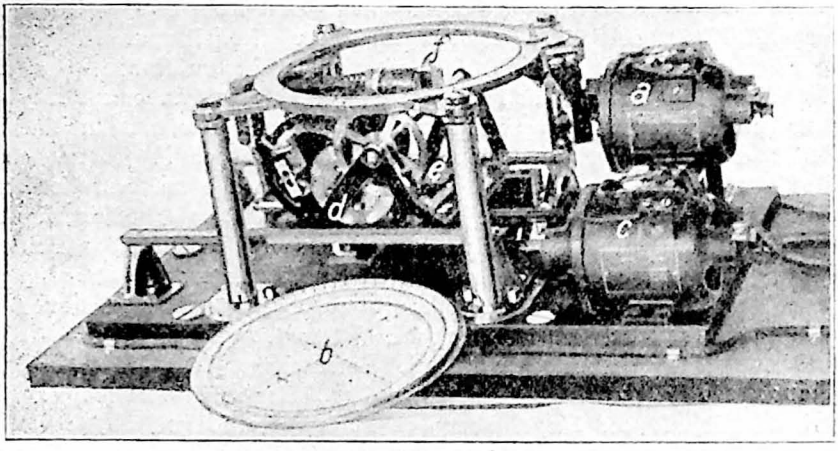
Unten im Stahlmantel, in einer Führung, befindet ſich ein Kreiſelkompaß. Der gekapſelte Kreiſelkörper a (2. Bild S. 332) trägt innen den Kurzſchlußrotor eines Drehſtrommotors, beſtehend aus Eiſenblechen mit Aluminiumſtäben und -ſtirnſcheiben. Über die Achſe iſt eine zweipolige Drehſtromwicklung geſchoben. Durch Drehſtrom von $^1/_4$ Ampere und 120 Volt bei 500 Perioden wird der Kreiſelkörper um ſeine wagrechte Achſe mit etwa 30000 Umdrehungen in der Minute gedreht. Der Kreiſel iſt in eine Kappe eingeſchloſſen, die feſt an einem kugelförmigen Schwimmer angehängt iſt. Die Kugel ſchwimmt in einem Keſſel d mit Queckſilber. An dem Schwimmkörper iſt federnd ein Kontaktkügelchen e angebracht. Dieſes dreht ſich alſo mit dem Kreiſel, unabhängig vom Queckſilberkeſſel und Rohr. Auf dem Queckſilberkeſſel ſind Kontaktbahnen d befeſtigt, die einen radial verlaufenden Schlitz haben; dieſe drehen ſich mit dem Keſſel im Führungsrohr, unabhängig vom Kreiſel. Der Queckſilberkeſſel iſt cardaniſch in der Laterne e gelagert und durch eine Achſe mit Zahnradgetrieben f mit dem Gebermotor g verbunden, der die Laterne mit dem Keſſel dreht, ſolange die Kontaktkugel auf einer der leitenden Kontaktbahnen f ſchleift. Sobald die Kugel aber den Schlitz erreicht hat, iſt die elektriſche Verbindung unterbrochen und die Drehung hört auf. Dann hat der Gebermotor eine zum Voraus bekannte Normalſtellung gegen den Kreiſel erreicht. Der Gebermotor hat leitende Verbindung mit einem Motor der Empfangsſtation, der ſeinerſeits eine geteilte Gradſcheibe nachdreht. Man kann alſo hier die Stellung des Gebermotors gegen den Kreiſel und damit gegen den Meridian, mit andern Worten: man kann oben an der Empfangsſtation das aſtronomiſche Streichen der Bohrlochſtelle in der Tiefe ableſen. Die Dämpfung des Kreiſels wird in ſinnreicher Weiſe einfach durch Kammern erreicht, zwiſchen denen etwas Öl beim Schwanken der Kreiſelachſe hin und her läuft.

Das Lotgehänge

Oben im Stahlmantel in einer Führung befindet ſich ein cardaniſch aufgehängtes ſtarres Lot a (1. Bild S. 332), das nach oben hin durch eine Stange b ebenſoweit verlängert iſt, wie es nach unten hängt. Oben und unten trägt das Lot je eine Kontaktkugel, deren jede in einem Schlitz zwiſchen Kontaktbahnen c und d auf einem ſeitlich kippbaren Geſtell e und f läuft. Die Schlitze ſtehen räumlich ſenkrecht

aufeinander, das obre Gestell dreht sich um eine Achse, das untre um eine dazu senkrechte. Die Neigung wird in zwei zueinander senkrechte Komponenten zerlegt. Die gleiche Wirkung könnte natürlich ebensogut durch zwei getrennte Pendel erreicht werden.

Wenn nun die Kontaktkugel, jede für sich betrachtet, seitlich an ihrem Schlitz anliegt, ist der Strom geschlossen, und der betreffende Schlitten wird seitlich so lange verschoben, bis keine seitliche Berührung mehr vorliegt, bis also das starre Lot frei hängt. Die Motorschlitten des Gebers sind aber mit entsprechenden Schlitten des Empfängers durch elektrische Leitungsdrähte im Kabel verbunden. Solange die Geberschlitten in seitlicher Bewegung sind, ist der Strom zum Empfänger geschlossen und verschiebt dort in gleicher Weise einen Motor



Der Empfänger des Anschütz-Bohrlochneigungsmessers

mit Schlitten. Beide Komponenten werden im Empfänger zu einer Gesamtbewegung eines Magnetstabs zusammengesetzt. Die Neigung der Bohrlochstelle in der Tiefe wird oben durch die Verschiebung des Magnetstabs, oder richtiger eines von ihm nachgezognen Eisenkügelchens von der Mitte der geteilten Scheibe angezeigt. Die Ablesung der Richtung und die Größe der Neigung der Bohrlochstelle am Rosenteller des Empfängers geschieht in Zehntelgraden.

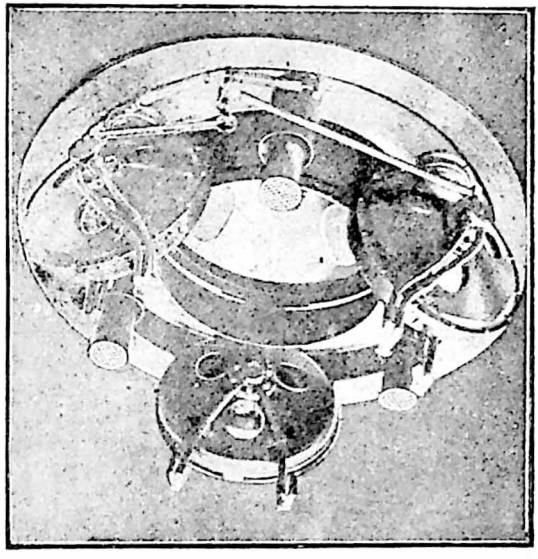
Der Empfänger

Die Wirkungweise des Empfängers ist eigentlich schon mit beschrieben. Ein Drehmotor a (Bild S. 334) im Empfänger läuft gleichzeitig mit dem Nachdrehmotor am Kreiselkessel im Lotapparat und dreht den im Bilde abgenommen dargestellten Rosenteller b nach. An diesem kann die Richtung der Neigung abgelesen werden. Ein

andrer Motor c schiebt längs einer Spindel einen Hauptschlitten d, auf dem ein zweiter Schlitten e zum ersten senkrecht verschoben werden kann. Auf dem Schlitten an der zweiten Spindel sitzt ein senkrechter, nach oben zugespitzter Magnetstab f, der bis knapp unter den Rosenteller e reicht und auf diesem ein Eisenkügelchen nach sich zieht. An diesem Kügelchen wird in konzentrischen Kreisen die Größe der Neigung abgelesen. Ein neuerdings konstruierter „Koppeltisch" zeichnet den Verlauf des Bohrlochs beim Einlassen des Lotapparates selbsttätig auf, so daß man an der Linie des Bohrlochverlaufs nur die Teufen einzuschreiben braucht.

Der Lotwagen

Das Lotkabel ist in einem möbelwagenartigen Gefährt untergebracht, es wird von einer Trommel abgewickelt. Der Wagen enthält auch eine Schaltanlage und Zubehör aller Art. Das Kabel selbst ist zum Ablesen der Teufen von 2½ m zu 2½ m bezeichnet und enthält die Leitungsdrähte vom Geber zum Empfänger. Die Einrichtung genügt für Leitungen bis zu 700 m Teufe, kann aber durch Verwendung entsprechend langer Kabel für jede Teufe gebraucht werden.



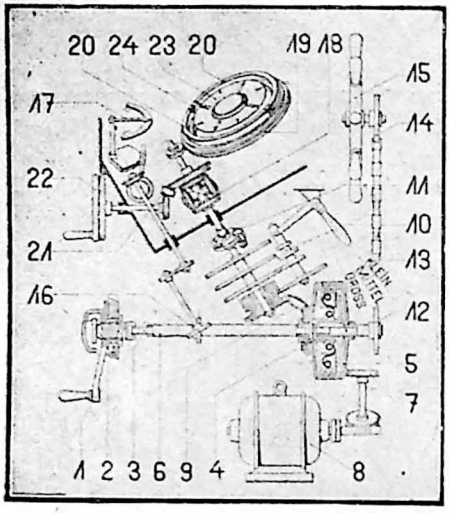
Das Kreisel-System für den Selbststeurer von unten gesehen

Kritik des Anschütz-Bohrlochneigungsmessers

Die Probelotungen sind mit markscheiderischen Vermessungen verglichen worden und es hat sich gezeigt, daß sie ausgezeichnet arbeiten. Das ist deshalb nicht verwunderlich, weil der Neigungsmesser unmittelbar von festen in der Natur gegebnen Richtungen ausgeht, nämlich von der Schwerkraft- und der astronomischen Nordrichtung. Jede Einzelaufnahme schließt für sich an diese Erdrichtungen und ist damit von den übrigen Aufnahmen unabhängig. Dadurch fällt einseitige Fehlerfortpflanzung weg. Das ist um so wichtiger, je tiefer das Bohrloch ist.

Für den Betrieb ist auch wichtig und angenehm, daß der Apparat während langer Gebrauchsdauer nicht geöffnet zu werden braucht;

das Stahlrohr bleibt viele Monate hindurch fest verschlossen. Die Fernübertragung und Anzeige der Neigung schon beim bloßen Durchfahren des Lochs ist überaus angenehm, denn es läßt sich sofort und an Ort und Stelle entscheiden, ob das Bohrloch fortzutreiben ist oder aufgegeben werden soll. Damit sind aber auch zum ersten Male die Vorbedingungen für das Gelingen von Gefrierschächten gegeben: der richtige Nachweis des Verlaufs der Gefrierlöcher.



Schema des Anschütz-Selbststeurers

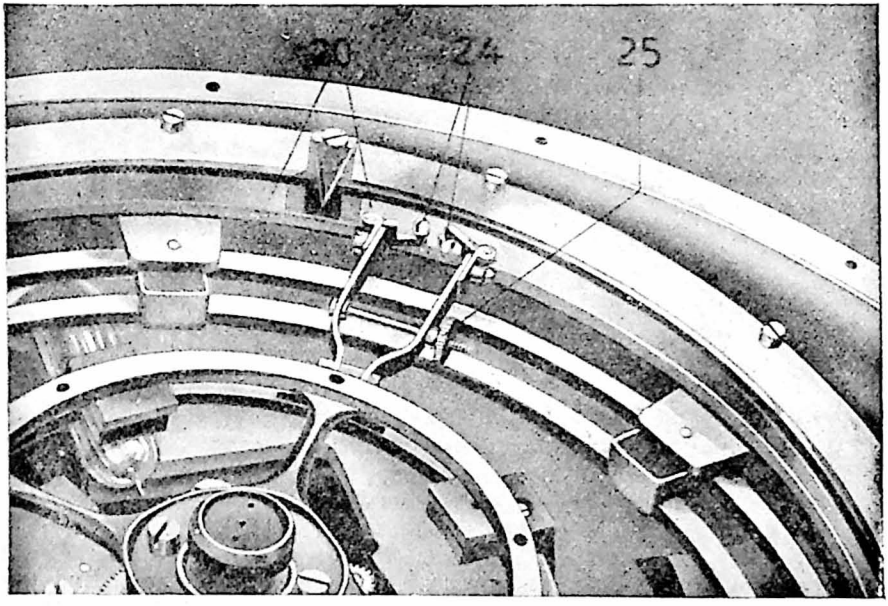
Der Selbststeurer von Anschütz

Ein Schiff zu steuern, ist von jeher für eine Kunst gehalten worden, die um so schwieriger zu handhaben ist, je größer das Schiff ist. Denn die zu dirigierenden Massen zeigen Eigenschaften, die zu handhaben in Fleisch und Blut übergegangen sein müssen, will man sie erfolgreich beherrschen.

Nun ist Anschütz gar daran gegangen, mit Hilfe des Kreisels, der an sich schon eine grandiose technische Leistung darstellt, auch die Leistung des Steuermanns zum Teil zu ersetzen, jedenfalls erheblich zu ergänzen. Vorbedingung für ein solches Unternehmen ist natürlich ein Kompaß, der selbst eine zuverlässige und unveränderliche Weisung liefert und bei Kursändrungen des Schiffes ohne Schleppfehler den neuen Kurs anzeigt. Andernfalls kann ein Selbststeuerapparat nicht exakt wirken und würde hinter den persönlichen Leistungen eines Steuermanns unbedingt herhinken. Die Entwicklung eines Selbststeurers war daher erst möglich, nachdem der Kreiselkompaß zu einem zuverlässigen Gerät geworden. Der alte Magnetkompaß war natürlich unbrauchbar für solche Leistung, denn er hat nicht bloß die großen Fehler der Mißweisung, sondern sein Schleppfehler ist noch dazu sehr groß, weil seine Richtkraft nur sehr klein ist. Der auf ihn angewiesne Steuermann bedient sich daher in weitgehendem Maße andrer Marken, die außerhalb des Schiffs liegen, wie Landmarken und Seezeichen, Gestirne, Wellenzüge und Richtung der Wolkenwandrung. Der Kreiselkompaß dagegen kann durch Steigerung seiner Masse und der Umdrehungsgeschwindigkeit beliebig starke Richtkräfte entwickeln und stellt die Kompaßrose daher immer sofort neu und richtig ein. Die Nordsüdlinie liegt selbst auf schlingerndem Schiff vollkommen fest. Wichtig ist zudem,

daß man die ausgezeichneten Eigenschaften des Kreiselkompasses augenblicklich und restlos auf beliebig viele Tochterkompasse übertragen kann. Bei diesen arbeitet die Übertragung so genau, daß die Innenrose für je 10^0 Kursänderung eine volle Umdrehung macht und damit eine Rose von 3 m Durchmesser ersetzt.

Der Tochterkompaß wird zur Betätigung des Selbststeurers benutzt; die Übertragung geschieht natürlich elektrisch. Ein Selbststeurer

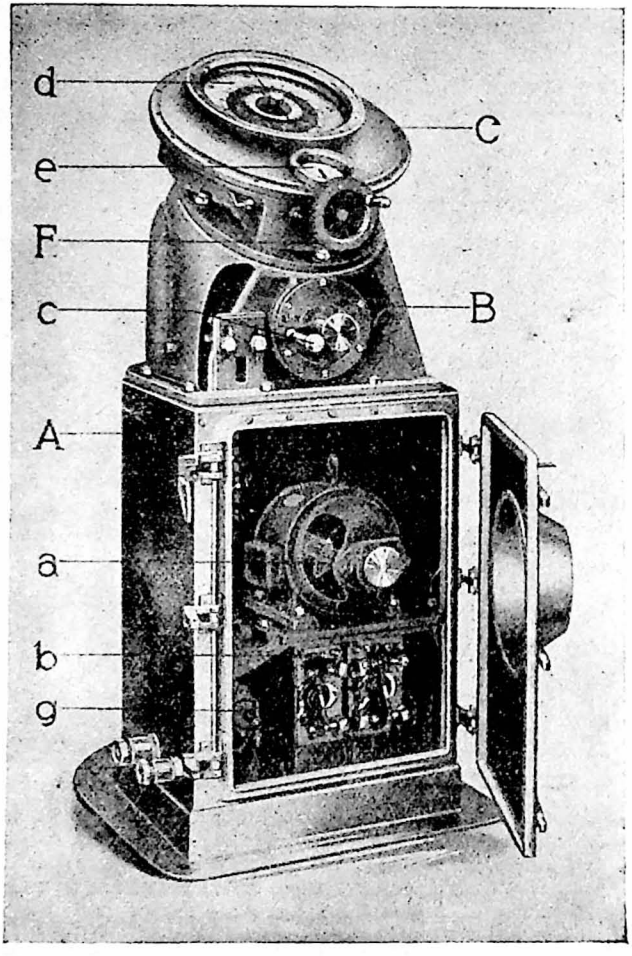


Der Rollenkontakt der Tochterkompaßrose

24 = Rollenkontakt. Schert das Schiff aus, so entfernt sich der Kontakt 24 aus der neutralen Stellung zwischen den beiden Kontaktbahnen 20. Er muß eine von ihnen berühren und schließt so den Stromkreis für eins der beiden Relais im Unterteil. Je nachdem, ob das eine oder das andre Relais Strom erhält, wird der Motor nach rechts oder links in Umlauf gesetzt.

muß, soll er den Rudergänger voll ersetzen, die ganze überlegte Handlungsweise des Mannes am Ruder getreu nachahmen. Er muß also das Ruder beim Ausscheren des Schiffes um einen solchen Betrag legen, daß das Schiff wieder in den Kurs zurückgebracht wird. Dabei muß er durch Stützrudergeben verhindern, daß das Schiff erheblich über den Kurs hinausschert. Der Selbststeurer muß in jedem Augenblick betriebsklar sein und darf im ausgekuppelten Zustand die Handsteurung in keiner Weise behindern. Nach dem Einschalten muß er das Schiff ohne weitres auf dem anliegenden Kurse halten. Kursverlegungen müssen am Selbststeurer leicht und genau einstellbar sein.

Es ist bemerkenswert, liegt aber im Charakter der Menschen, daß die Firma Anschütz zu einer Zeit, als die Vorbedingungen für einen



Der Anschütz-Selbststeurer

A = Unterteil, Tür mit Hebelschnellverschluß, wasserdicht abschließbar. a = Motor, b = die beiden a steuernden Relais, g = Schalter für den Motorbetriebsstrom, B = Mittelteil, c = Kupplungshebel, C = Oberteil. d = Rose des Tochterkompasses, e = Ruderlagenanzeiger, f = Handrad zur Kursverlegung bei eingekuppeltem Selbststeurer

Selbststeurer gegeben waren, mit ihrer Anregung zur Schaffung eines solchen bei allen Schiffahrtskreisen auf Abweisung stieß. Ein weiter Grund dafür war der Umstand, daß die Seefahrer ihre Erfahrungen alle zu einer Zeit gesammelt hatten, als es noch keinen zuverlässigen

Kompaß gab, ſo daß ſie es für ausgeſchloſſen erachteten, daß ein Selbſtſteurer die überlegte Handlungsweiſe des Rudergängers erſetzen könne.

Der Krieg hat jedoch auch hierin durch die Schaffung neuer Bedürfniſſe Wandel geſchaffen. Man brauchte eben zur Lenkung unbemannter Boote einen Selbſtſteurer, ſogar einen ſolchen, der nicht bloß Kurs zu halten vermochte, ſondern ſogar noch drahtlos gelenkt werden konnte (ſ. Bild S. 313). Die Firma Anſchütz hat dieſe Aufgabe gelöſt und zugleich einen Selbſtſteurer für große Schiffe geſchaffen, der jetzt ſchon auf mehreren großen Dampfern gebraucht wird. Dazu wird kein ſelbſtſtändiger Steuerkreiſel verwendet, ſondern ein Tochterkompaß in Verbindung mit einer Steuervorrichtung. Grundlage iſt dabei der Anſchütz-Kreiſelkompaß. Dieſe Vorrichtung hält das Schiff bei kleinſten Ausſcherungen mit großer Genauigkeit auf dem Kurſe und hat dabei den Vorteil, keine Ermüdung und Unaufmerkſamkeit zu zeigen. Die auf dieſe Weiſe erzielte Genauigkeit bedeutet einen erheblichen wirtſchaftlichen Vorteil (Kohlen-, Weg- und Zeiterſparnis).

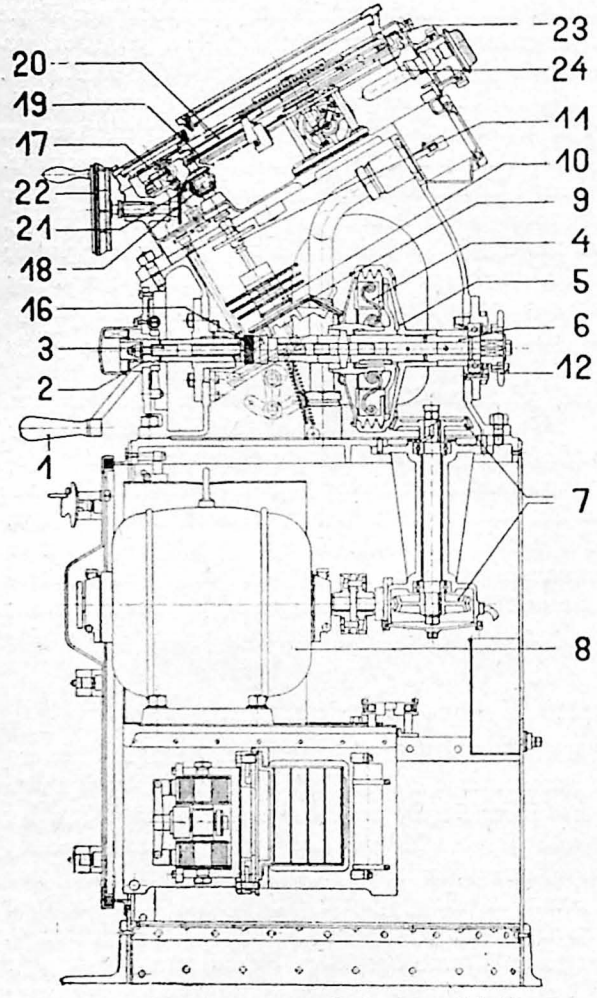
Unſer Bild S. 338 zeigt den Anſchütz-Selbſtſteurer. Der Tochterkompaß C iſt von dem Mutterkompaß einer Kreiſelkompaßanlage abhängig. Das Anpaſſen der zu veranlaſſenden Ruderbewegung geſchieht durch einen im Unterteil A waſſerdicht untergebrachten Motor a der proportional zum Kursabweichungs- oder Gierwinkel Ruder legt, falls durch den Schalthebel D, der den Übergang vom Selbſtſteurer zur Handſteurung immerwährend ermöglicht, die nach dem Ruderhandrad laufende Kette mit dem Motor gekuppelt iſt. Der Kontrolle dient der Ruderlagezeiger e und zur Einſtellung neuer Kurſe das Stellrad F.

Wirkweiſe des Selbſtſteurers

Das ſchematiſche Bild S. 336 läßt die Wirkweiſe des Selbſtſteurers gut erkennen. An der Minutenroſe 23 des Kreiſeltochterkompaß ſitzt eine Kontaktkugel 24, die in einem Schlitz zwiſchen zwei Kontakthalbringen 20,20 hineinragt. Sobald ſich die Kugel durch geringe Kursänderung an einen der Halbringe anlegt, wird durch Relaisſtrom der Motor 8 rechts- oder linksherum in Gang geſetzt. Er dreht, auch in dem Falle, wo das Ruderhandrad eingekuppelt iſt, über die Kegelräder 9, über das Differentialgetriebe 18 und das obere Zwiſchenrad, das große Zahnrad an 20, auf dem die Kontakthalbringe 20,20 ſitzen, ſolange bis die Kugel wieder frei im Schlitz ſchwebt. Der Kontaktring wird alſo immer genau um den Gierwinkel gegengedreht, und zwar nach Backbord beim Gieren nach Steuerbord, und umgekehrt.

Kuppelt man den Selbſtſteurer ein, indem man den Schalthebel D in die Lage „ein" dreht, ſo nimmt die Motorachſe nunmehr auch das Rad 12 bei ihren Drehungen mit. Außer der unverändert im Gang bleibenden Gegendreheinrichtung der Kontakthalbringe wird jetzt alſo

durch Rad 12, Kette 13 und Rad 14 auch das Ruderhandrad 15 gedreht, und zwar nach Steuerbord bei Backbordgieren, und umgekehrt. Dann ist der Ruderwinkel proportional zum Gierwinkel. Der Ruderlagewinkel wird dabei am Ruderlagezeiger 17 angezeigt durch Eingriff der Räder, Schnecke u. Wellen 16 u. 17. Mit dem äußersten Gierwinkel ist auch der maximale Ruderwinkel erreicht. Gehorcht nun das Schiff dem Ruder, schwait also zurück, so legt sich Kugel 24 an den andern Halbring, Motor 8 läuft umgekehrt und dreht sowohl das Handrad wie das Halbringsystem zurück. Liegt das Ruder wieder mittschiffs, so hat auch der Ringschlitz die Anfangslage im Schiff erreicht, das nunmehr wieder auf dem Ausgangskurs zurückgelangt ist. Je enger also der Schlitz, desto weniger freies Spiel hat der Kurs.



Der Selbststeurer im senkrechten Schnitt

Um einen neuen Kurs einzustellen, dreht man das Stellrad 22 um den an ihm ablesbaren Kursänderungswinkel, bei Steuerborddrehung rechts herum. Dadurch wird über die Räder 21 und das Differentialgetriebe 18 der Kontaktring 20 um den entgegengesetzt gleichen Winkel im Maßstabe der Minutenrose gedreht, bei Steuerbord-Kursändrung also nach Backbord. Diese Drehung addiert sich durch das Differentialgetriebe zu einer etwa durch den Motor 8 veranlaßten, ohne daß beide Drehungen sich stören, so daß der Selbststeurer nunmehr den neuen Kurs einhält. Man arbeitet

also am Stellrad 22 wie ohne Selbststeurer am Ruderhandrad, nur stellt man jetzt lediglich den neuen Kurs ein und überläßt das Einsteuern dem Automaten. Bei größern Kursändrungen tut man allerdings gut, den Kursändrungswinkel in kleinere Teile zu zerlegen, damit der Automat nicht unnütz starke Kurspendlungen veranlaßt.

Um das Verhältnis zwischen Gier- und Ruderwinkel je nach dem Schiff oder auch den besondern Verhältnissen passend einzustellen, kann das Motorzahnrad 10 wahlweise in die drei gegenüberstehenden Wechsel-Räder gekuppelt werden. — Daß auch der Selbststeurer Stützruder gibt, ist dadurch erreicht, daß in die Verbindung zwischen der Achse der drei Wechselräder mit dem Basisrad 18 des Differentialgetriebes bei 11 eine einstellbare Lose (ein toter Gang) eingeschaltet ist. Das bewirkt, daß bei Annäherung an den befohlenen Kurs das Ruder über die Mittelschiffslage hinausgedreht, also Stützruder gegeben wird, schon ehe er erreicht wird. Steht das Ruder mittschiffs, so erfolgt das Ein- und Ausschalten im Bruchteil einer Sekunde. Will der Rudergänger unbedingt seine Geschicklichkeit mitspielen lassen, so kann er das am Stellrad tun.

Die Leistung des Selbststeurers

Der Selbststeurer ist seit Mai 1921 u. a. auf einem deutschem Linienschiff im Gebrauch. Aus den dortigen Versuchsergebnissen sei folgendes Beispiel mitgeteilt. Bei 10 Minuten Kurshalten ergab sich

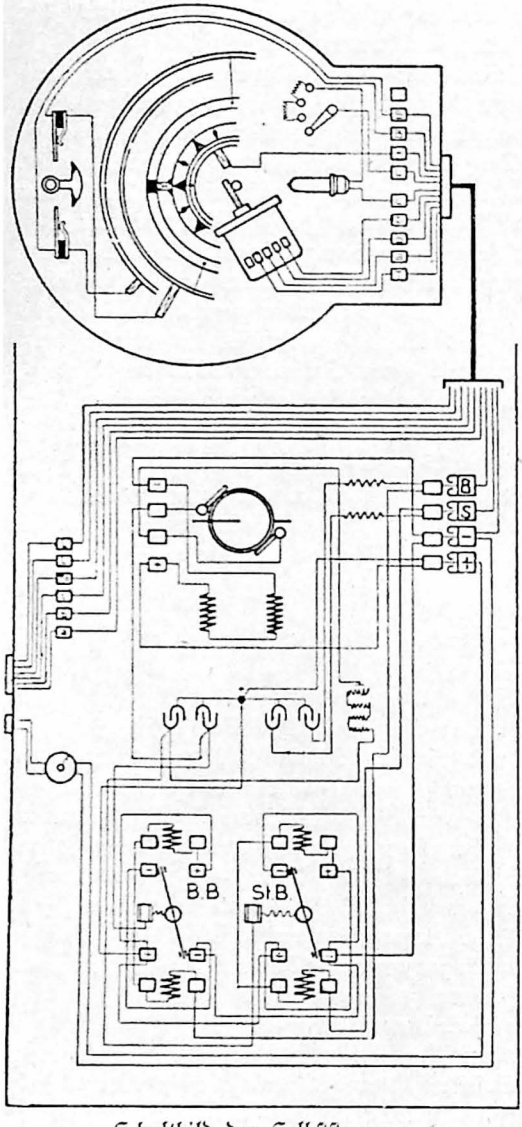
	Rudergänger	Automat
Zahl der Kurswechsel	15	10
Größte Kursabweichung, absolut	1,9°	1,0°
„ „ im Mittel	0,95°	0,55°
Größter Ruderwinkel, absolut	10°	4°
„ „ im Mittel	6°	2,5°
Gesamte Ruderbewegung	180°	46°

Die Überlegenheit des Automaten ist sinnfällig. Selbst bei Fahrten in 11 Seemeilen und Wind und See in Stärke 5 bis 6 betrug die höchste Kursabrechnung nur etwa 1°. Bei plötzlichem Einstellen eines Kurswechsels von 45° war das Schiff erst innerhalb 11 Minuten nach vier starken Hin- und Hergängen eingependelt. Wurde aber bei 90° Kursändrung am Stellrad erst 70°, dann 10° und nochmals 10° eingestellt, so war das Schiff innerhalb 3,5 Minuten nach einem Hin- und Hergang bei nur 4° Übersteurung eingependelt. Ohne Selbststeurer brachte ein guter Rudergänger dieselbe Wendung in 4,5 Minuten zurecht. — Da mit Verbesserung zu rechnen ist, darf man ohne Einschränkung sagen, daß der Selbststeurer eine der Maschinen ist, die dem Menschen anstrengende und aufreibende Tätigkeit abzunehmen imstande ist, die erhebliche Erfahrung und Überlegung verlangt und sogar die menschliche Tätigkeit in diesem Falle erheblich übertrifft.

Der Fliegerhorizont

Auch für die wichtige Feststellung des Fliegers, wieviel sein Flugzeug bei einem Kurvenflug gegen den Horizont geneigt ist, hat man

den Kreiſel nutzbar gemacht. Ein gewöhnliches Pendel und die Waſſerwage ſind bekanntlich nicht imſtande, dieſe Anzeige zu machen, weil ſie ſich nur in die ſcheinbare Lotlinie (ſ. Bild S. 343) einſtellen, die ſich aus der Erdanziehung und der Zentrifugalbeſchleunigung zuſammenſetzt. Man kann an beiden Apparaten wohl erkennen, ob das Flugzeug im Gleichgewicht iſt, aber die Neigung, die für das Abrutſchen des Flugzeugs maßgebend iſt, erſieht man daraus nicht. Natürlich würde auch ein cardaniſch aufgehängter Kreiſel mit ſenkrechter Achſe, deſſen Schwerpunkt nur wenige Millimeter unter dem Aufhängepunkt liegt, ſich ſchräg einſtellen, wenn das Flugzeug, auf dem es montiert iſt, eine Kurve fliegt. Da er aber in ſolchem Falle eine langſame Präzeſſionsbewegung macht, die die Einſtellung in eine Schräge aufs Tauſendfache verkleinert, ſo macht die lange Eigenſchwingungszeit (7 bis 14 Minuten) den Kreiſelhorizont von der ſeitlichen Beſchleunigung nahezu unabhängig. In dieſer Zeit hat jedes Flugzeug bereits mehrere ganze Kreiſe beſchrieben, die Zentrifugalkräfte ſind alſo mehrmals im Kreiſe herumgewandert und haben ſich in der Summe gegenſeitig aufgehoben, ſo daß ihre Wirkung auf die Kreiſelachſe bloß ſehr gering iſt und der Kreiſelhorizont nur ganz wenig geſtört wird.



Schaltbild des Selbſtſteurers

Um ſolchen Kreiſel als Fliegerhorizont benutzen zu können, muß er noch von den Wirkungen befreit werden, die irgendwelche Anſtöße

hervorrufen, die der Kreisel, z. B. beim Anstellen, bekommt. Denn wenn er infolge eines Anstoßes 10 Schwingungen ausführt, so werden diese $10 \cdot 14 = 140$ Minuten, also fast 2 Stunden, dauern, ehe der Horizont betriebsbereit wäre. Um nun eine Dämpfung der Schwingungen zu erzielen, die trotzdem keine Fehler bei Kurvenflügen ergibt, ist der Kreisel mit einem Pendel ausgestattet, das sich vor zwei Düsen schiebt, die an der Kreiselkappe angebracht sind. Der Kreisel wirkt als Zentrifuge und schleudert Luftstrahlen aus den Düsen. Dadurch

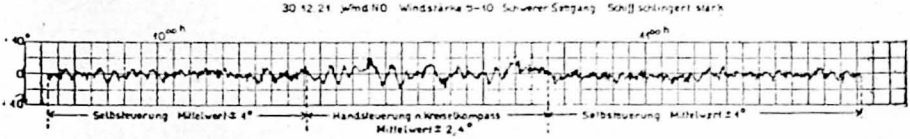
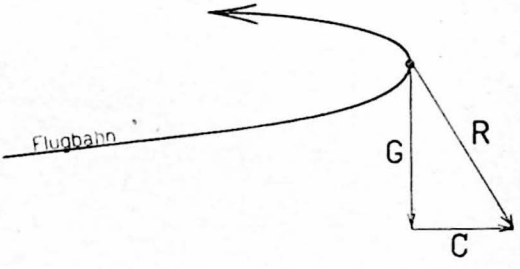


Diagramm mit Ergebnissen von Selbst- und Handsteurung

entstehen Reaktionen, die um so größer sind, je weiter das Pendel dir Düsen öffnet. Die Drehmomente dieser Reaktionen werden durch das Pendel so gesteuert, daß sie bei einer Schiefstellung des Kreisels gegen das Pendel entgegengesetzt der augenblicklichen Kreiselpräzession gerichtet sind. Dadurch wird eine Dämpfung der Schwingungen des Horizonts erzielt. Außerdem sind noch zwei Schlingertanks, die durch eine Rohrleitung untereinander verbunden sind, hinter der Horizontscheibe angeordnet. Ähnlich wie bei dem Frahmschen Schlingertank wird auch hier durch Hin- und Herfließen der Flüssigkeit die Dämpfung der Horizontalschwingungen noch vergrößert.

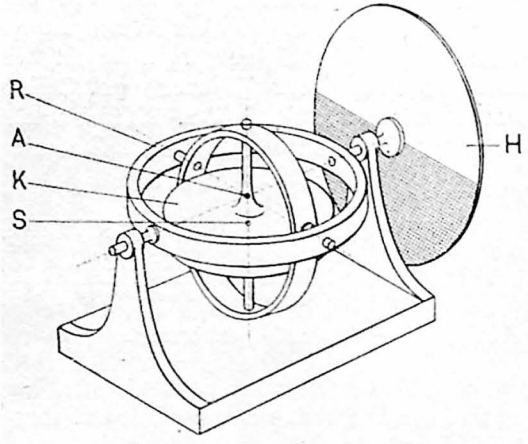


Scheinbares und wahres Lot beim Kurvenflug

G Erdbeschleunigung = Schwere
C Zentrifugalbeschleunigung
R Resultante = Pendelrichtung
= scheinbare Lotlinie

Horizonte dieser Art hat Anschütz hergestellt; sie arbeiten so gut, daß sie selbst bei den schärfsten Kurven praktisch wagrecht bleiben. Die Horizontscheibe ist oben weiß, unten schwarz. Davor liegt (Bild S. 344) eine Cellonscheibe mit Gradeinteilung und Flugzeugbild. Neigt sich das Flugzeug, so neigt sich das mit ihm fest verbundne Flugzeugbild um dasselbe Maß gegen den Horizont. Der Flieger kann also ebenso steuern, als wenn er über der Tragdecke eines Flugzeugs hinweg den Horizont vor sich sähe. Am Rande ist zudem noch eine Gradeinteilung angebracht, um den Winkel der Schräglage ablesen zu können. Außerhalb der Teilung am Rande ist in einer gebognen Röhre der mit farbiger Flüssigkeit gefüllte Flüssigkeitshorizont. Die Differenz dieser

Ableſung mit der der Horizontſcheibe läßt erkennen, ob und nach welcher Seite das Flugzeug eine Kurve beſchreibt und wie ſtark dieſe gekrümmt iſt.

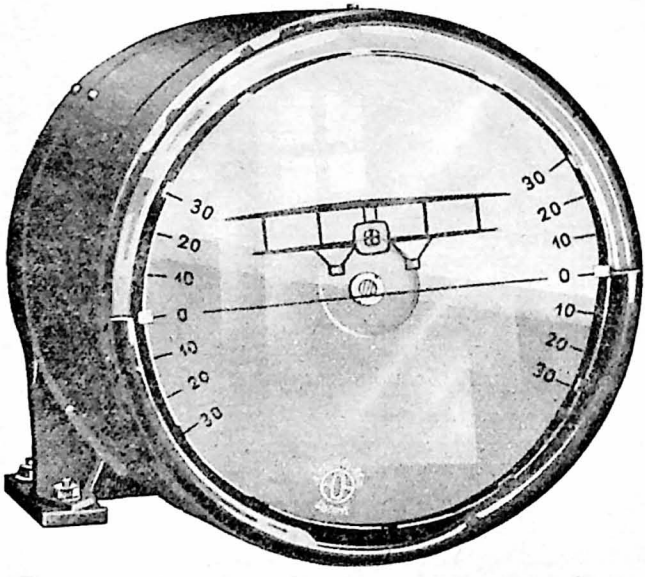


Prinzip des Fliegerhorizonts

K Kreiſel — A Aufhängepunkt
R Cardaniſcher Ring — S Schwerpunkt
H Horizontalſcheibe

Im feindlichen Feuer, bei Blendung durch Scheinwerfer, bei Flügen in Wolken oder Nebel kann der Flieger mit Hilfe des künſtlichen Horizonts ſein Flugzeug ebenſo ſteuern wie nach dem wirklichen Horizont. Da er das Flugzeug ſehr ruhig ſteuern kann, werden ſtörende Bewegungen kaum auftreten und das bei dem etwa benutzten Magnetkompaß ſo gefürchtete „Drehen" unterbleibt.

Von dem Apparat iſt folgendes bemerkenswert. Kreiſel und Achſe ſind aus einem Stahlblock herausgedreht. Die Achſe iſt als lavalſche ſchwanke Welle ausgebildet, ſo daß ſich der Kreiſel ſelbſtſtändig in ſeinen Schwerpunkt einſtellt. Die Kugellager, zwiſchen denen



Der künſtliche Fliegerhorizont bei Schräglage des Flugzeugs von etwa 14°

der Kreiſel läuft, müſſen mit ganz beſondrer Sorgfalt hergeſtellt ſein, weil der Kreiſel bei normalem Betriebe 20000 minutliche Umdrehungen macht. Der Antrieb des Kreiſels erfolgt elektriſch durch Drehſtrom von 333 Perioden. Der Stator trägt die Wicklung, der Rotor iſt als Kurzſchlußrotor ausgebildet und in den Schwungring des Kreiſels eingepreßt. Der erforderliche Drehſtrom wird durch einen Generator erzeugt, eine Unipolarmaſchine, deren Antrieb durch einen kleinen Luftpropeller erfolgt. Die notwendige Energie beträgt $^1/_5$ PS.

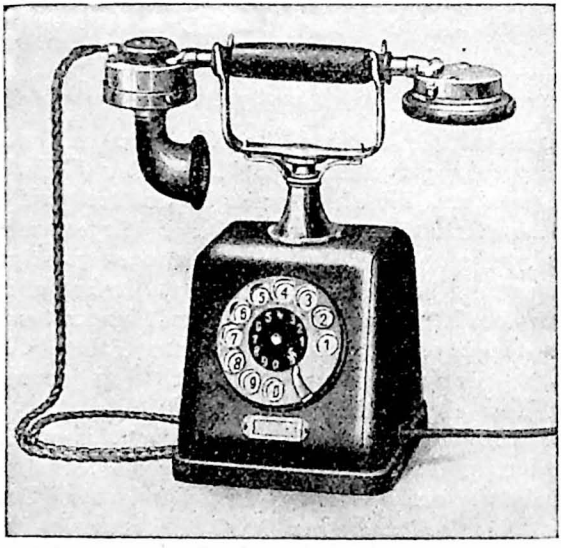
Der Siegeszug des automatiſchen Telephons

In Weltſtädten wie Berlin iſt das Telephon nachgerade zu einem öffentlichen Ärgernis geworden. Die Klagen der Teilnehmer wollen kein Ende nehmen und bei allem guten Willen der Poſtbehörde laſſen ſie ſich nicht abſtellen. Mag ein Teil dieſer Klagen auf die phyſiologiſchen und pſychologiſchen Nachkriegswirkungen zurückzuführen ſein, im Grunde aber liegt der Mangel im Syſtem. Berlin hat wie auch die meiſten andern Großſtädte in Deutſchland noch immer den Handbetrieb im öffentlichen Telephonverkehr, während andre Städte, z. B. New York mit der größten Fernſprechanlage der Welt, ſchon ſeit vielen Jahren zum automatiſchen Syſtem übergegangen iſt. Man verſteht darunter ein Telephonſyſtem, das jedem Teilnehmer geſtattet, ſeine Verbindungen ſelbſt herzuſtellen. Geht man dieſer Aufgabe als techniſchem Problem nach, ſo erſcheint ſie auf den erſten Anblick unlösbar. Denn die Zahl der Kombinationen bei auch nur 1000 Teilnehmern iſt 1 Million. Und da alle dieſe Verbindungen möglich ſein müſſen, wären ebenſoviel Kontakte nötig. Die Höhe einer Kontaktbank würde dabei — rein theoretiſch betrachtet — 1 m, ihre Länge aber bereits 100 m betragen! Bei 100 000 Teilnehmern (Berlin iſt über dieſe Zahl längſt hinaus) wären 10 Milliarden Verbindungen möglich, ebenſo viele Kontakte nötig, die bei einer Kontaktbankhöhe von 100 m eine Wählerreihe von 10000 m erforderlich machen würde!

Nun beſtehen aber ſolche automatiſchen Ämter, nicht bloß in Amerika, ſondern auch hierzulande. Weilheim iſt erſt kürzlich eröffnet worden, und auch in Leipzig iſt man bei der Einführung, ebenſo in Berlin (Amt Zehlendorf), und überall ſpricht man mit dem höchſten Lobe von dieſen Meiſterleiſtungen von Siemens & Halske. Alſo muß die Sache doch gehen! Und ſie geht! Wie? Das ſoll kurz erläutert werden.

Die zum Sprechen und Hören benutzten Apparate bei der automatiſchen Telephonie gleichen den bisher bei Handämtern benutzten bis auf die „Wählerſcheibe", die vorn am Apparat drehbar und mit

Fingerlöchern verſehen ſind. Bei den „Siemens-Kleinautomaten", die für kleine Anlagen in Betrieben gebaut werden, ſind 25 Eingriffslöcher vorgeſehen. Will man z. B. den Teilnehmer Nummer 20 anrufen, ſo dreht man nach Abheben des Hörers die Scheibe von dem mit 20 bezifferten Loch aus im Uhrzeigerſinn bis zum Anſchlag am Rande und läßt wieder los. Die Scheibe rollt dann vermöge einer beim Drehen aufgezognen Feder ſelbſttätig wieder in ihre Anfangsſtellung zurück und die Verbindung iſt hergeſtellt. Man ruft nun den Teilnehmer durch Drücken eines Knopfes an. Das dauert im Ganzen nur wenige Sekunden. Iſt der Apparat des Teilnehmers 20 frei, ſo hört man



Teilnehmerſtelle (Tiſchapparat) eines automatiſchen Telephons

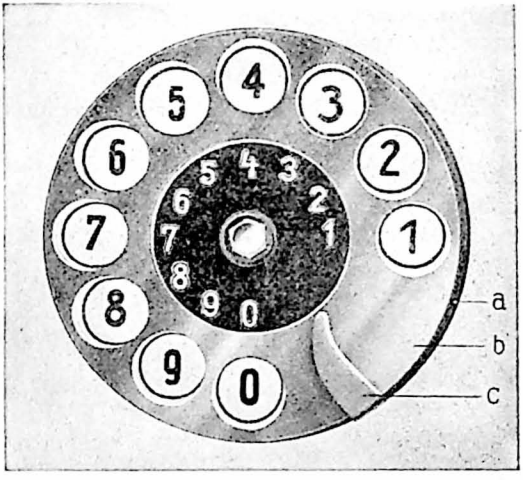
als Zeichen ein leiſes Schnarren im eignen Hörer; im andern Falle hört man gar nichts, weil dann überhaupt keine Verbindung zuſtande gekommen iſt, alſo auch der Wecker nie hat betätigt werden können. Hängen die Sprechenden ihre Hörer wieder an, ſo fällt die Verbindung von ſelbſt zuſammen und beide Sprechſtellen ſind für neue Geſpräche frei.

Bei den großen automatiſchen Ämtern pflegt man Wählerſcheiben mit nur zehn Eingriffslöchern zu benutzen, von 1 bis 9 und 0 (ſ. Bilder). Bei der Herſtellung einer Verbindung baut man dieſe ſo auf, wie man die Zahl der Anſchlußnummer ſchreibt, von vorn anfangend, d. h. man zerlegt ſie in Dekaden. Die Herſtellung des Anſchluſſes Nummer 7036 geht alſo folgendermaßen vor ſich. Man dreht die Wählerſcheibe b (Bild S. 347) in Loch 7 bis zum Anſchlag c, läßt die Scheibe zurückrollen,

wiederholt dasselbe Verfahren mit Loch 0, dann mit 3 und 6. In wenigen Sekunden ist die Sache erledigt und man hört das Zeichen, falls der angerufne Apparat frei ist.

Wie kommt dieses Wunder zustande?

Hebt man den Hörer ab, so wird dadurch, wie das auch sonst beim Telephon üblich, der Apparat aus der Ruhestellung in die Sprechstellung geschaltet und die Wählerscheibe gleichzeitig entriegelt. Dann folgt der beschriebne Wahlvorgang, wobei durch einen Zentrifugalregulator c (Bild S. 348) mit Schneckenwelle d dafür gesorgt ist, daß die Scheibe nicht zu schnell zurückrollt, so daß der Wahlvorgang von dem Temperament des Anrufenden unabhängig gemacht wird. Dem dient ein Federantrieb a mit Schneckenrad und Haltefeder b, die Impulsscheibe e, der Kontaktfedersatz f mit Umschaltkontakt g und Impulskontakt h. i ist der Verrieglungshebel, k die Arretierungsfeder.

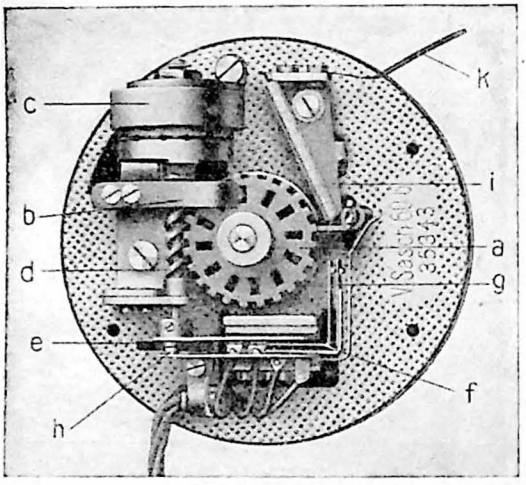


Wählerscheibe

Beim Wählen arbeitet man nun auf die Gruppenwähler, die sich im Selbstanschlußamt befinden. Der Wähler ist ein ziemlich komplizierter Apparat, der 3 übereinander angeordnete Kontaktsätze (Bild S. 349) mit je zehn Reihen und je zehn Kontakten besitzt. Von diesen sind zwei für die Hin- und Rückleitung (a- und b-Leitung) und einer für die Prüfleitung (c-Leitung) nötig, die nur auf dem Amt vorhanden ist und an Erde liegt. Zu den drei Kontaktsätzen gehören drei Kontaktarme, die von einer drehbaren Welle f aus, fest an dieser sitzend, auf den Kontakten spielen können; h ist der Prüfarm, m,m die a- und b-Arme. Die Welle kann durch ein System von 3 Elektromagneten gehoben, gedreht und ausgelöst werden. Sie greifen mit Klinken (beim Heben) an den Zahnrillen b und (beim Drehen und Rückdrehen) an den Längsriffeln d an. c ist die Hebeklinke, e die Auslöseklinke, g der Wellenkontakt und k die Zuführungsleitung. Gibt die Klinke des Auslösemagneten die Wählerwelle frei, so wird diese durch eine beim Hindrehen gespannte Spiralfeder a (Rückzugsfeder) zurückgedreht, so daß sie nunmehr auch durch ihr Eigengewicht in die Ruhestellung zurückfallen kann. Das 2. Bild auf S. 349 zeigt die Magnete und ihre Klinken: b den Auslösemagnetanker, c den Auslösemagneten selbst, d den

Drehmagneten, ferner die Auslöseschiene e und den Kopfkontakt a.

Die Arbeitsweise dieses Wählers geht aus dem Bilde auf S. 350 hervor. Erfolgen durch das Zurückrollen der Wählerscheibe am Anrufapparat Stromstöße, so beeinflussen diese unter Vermittlung eines einen Lokalstrom betätigenden Relais den Hebemagneten, der die Welle durch die Klinke hebt. Die zweite Reihe von Stromstößen bei der nächsten Wahlziffer bringt den Drehmagneten in Funktion, der die Welle um die entsprechende Kontaktzahl dreht. Auf diese Weise kann man 100 verschiedne Verbindungen 00, 01 bis 99 herstellen. Ordnet man im Amt jedem Anrufapparat solchen Wähler zu, und führt die 100 Teilnehmerleitungen durch die je 300 Kontakte der Wähler, so ist bis zu 100 Teilnehmern jede Verbindung möglich. Um nun aber auch die höheren Teilnehmerzahlen zu bewältigen, muß die Schaltung erweitert werden. Wie das geschieht, soll zunächst an einem Tausenderamt erläutert werden.



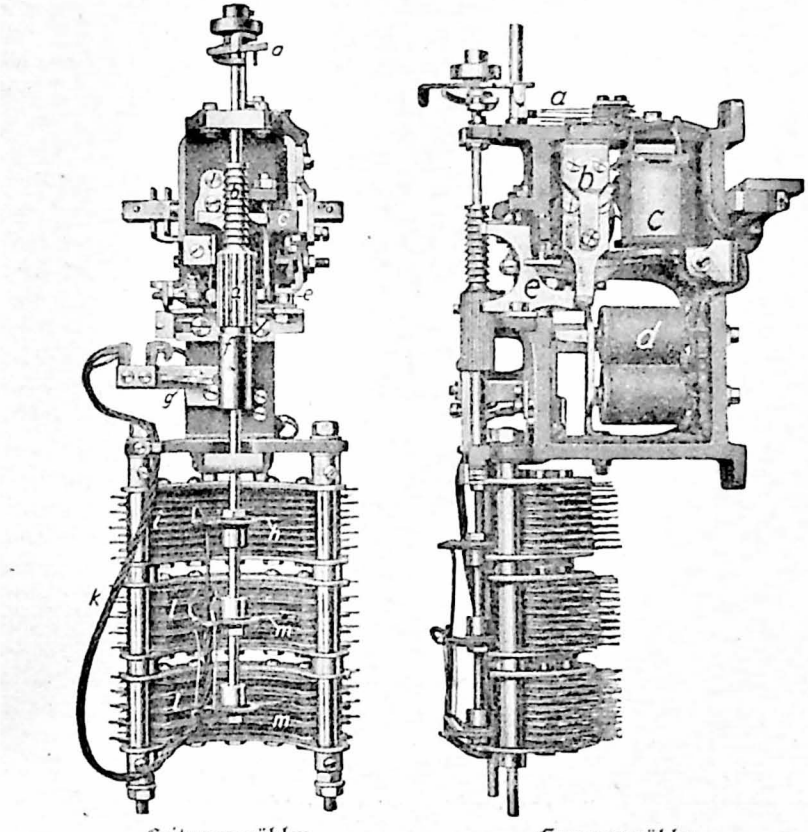
Rückansicht des Nummernschalters

Die Leitung jedes Teilnehmers wird zunächst mit einem Gruppenwähler verbunden, der ebenso gebaut ist wie der auf Seite 349 dargestellte Leitungswähler; nur seine Schaltung ist anders. Von diesen Gruppenwählern führen Leitungen zu den Leitungswählern. Die 10 Kontakte der ersten Kontaktreihe des Gruppenwählers werden mit Leitungswählern der ersten Hundertgruppe, die der zweiten Kontaktreihe mit Leitungswählern der zweiten Hundertgruppe verbunden usf. Das ermöglicht sofort die Wahl eines Teilnehmers aus der Hundertgruppe. Wird z. B. 867 gewünscht, so bewirkt die Wahl der 8, daß die Kontaktwelle des anrufenden Gruppenwählers auf die 8. Kontaktreihe gehoben wird, deren Kontakte mit 10 Leitungswählern der Gruppe 800 bis 899 verbunden sind. Die Welle des Gruppenwählers dreht sich dort solange, bis der c-Kontaktarm eine freie c-Verbindungsleitung gefunden hat, und bleibt dort stehen.

Dieser Wahlvorgang, freie Wahl genannt, ist also anders als der im Leitungswähler, denn er erfolgt selbsttätig, während er im Leitungswähler zwangsläufig durch die Zahl der Stromstöße bestimmt

wird. Nach dieser ersten Wahl hat der Teilnehmer durch Vermittlung seines Gruppenwählers den Anschluß bei einem freien Leitungswähler der 800ergruppe erlangt. 6 und 7 wählt er nun mittels dieses Leitungswählers im gewünschten Hundert und bekommt so den Anschluß an 867.

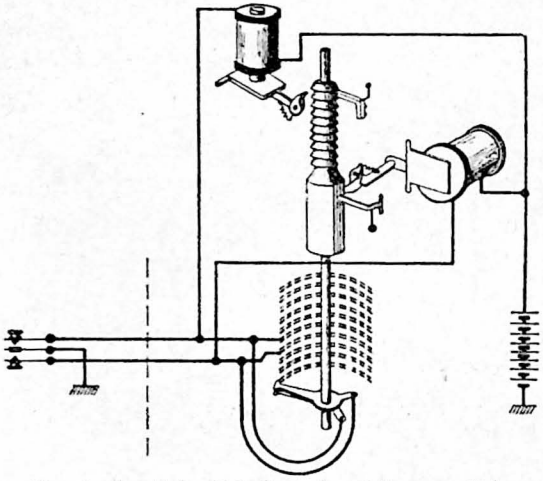
Zählt das Amt über 10 000 Teilnehmer, so wird eine zweite, über 100 000, eine dritte Gruppenwählstufe eingeschaltet.



Leitungswähler Gruppenwähler

Man wird nun meinen, daß auf einem automatischen Amt eine verwirrende Fülle von Kontaktapparaten vorhanden sein müsse, damit jeder einzelne Teilnehmer mit jedem andern zu jeder Zeit verbunden werden kann. Jeder Teilnehmerapparat müßte also auch eine Reihe Kontaktgruppenwähler auf dem Amte haben. Das ist aber aus Gründen des praktischen Betriebes gar nicht nötig. Denn erfahrungsgemäß sprechen nicht mehr als 20 % aller Teilnehmer gleichzeitig miteinander, und da dazu nur 10 % aller Wähler gebraucht werden, weil

ja nur die Hälfte der Sprechenden Anrufer sind, so genügt diese Wählerzahl unter der Voraussetzung, daß die einzelnen Kontaktwähler unter je 10 ihnen zur Verfügung stehenden Anschlüssen nach der nächsten Gruppe einen grade freien selbsttätig heraussuchen können. Man muß also von mehreren Teilnehmerleitungen aus auf viel weniger Gruppenwähler gelangen können, die deshalb nicht mehr der einzelnen Sprechstelle zugeordnet sind. Das geschieht durch einen Vorwähler (S. 351), der nur gedreht, nicht gehoben wird. Er hat bloß einen Kontaktsatz, bestehend aus drei Reihen für die a-, b- und c-Leitungen zu je 11 Kontakten. Man faßt diese Vorwähler in Vielfachschaltung zu Gruppen zusammen, von deren jeder eine Anzahl Leitungen zu den Gruppenwählern der ersten Nummernwählerstufe führt.



Grundgedanke der Schaltung des Leitungswählers

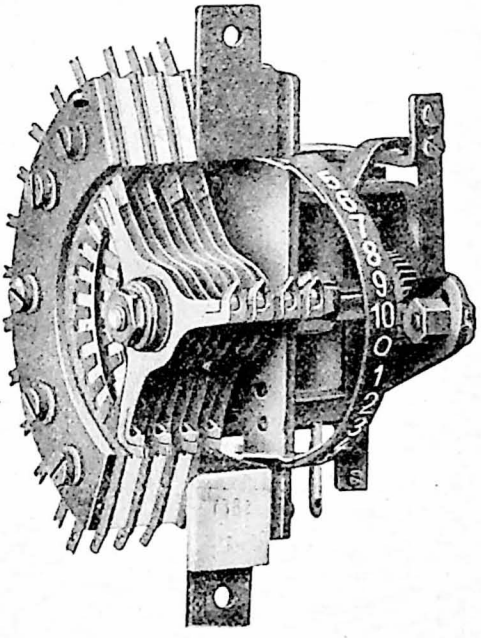
Um die vorhandnen Wähler, deren jeder einen bestimmten Anlagewert darstellt, möglichst auszunutzen und damit die Anlage recht wirtschaftlich zu gestalten, ist es zweckmäßig, möglichst große Gruppen zu bilden. Damit eröffnet man den Teilnehmern den Zugang zu einer möglichst großen Zahl erster Gruppenwähler. Man erzielt das durch Einfügen einer zweiten Vorwählstufe, und ist damit imstande, die Zahl der Gruppenwähler und damit die Anlagekosten erheblich herabzudrücken. Man kommt mit 5 bis 6 % erster, 6 bis 7 % zweiter und dritter Gruppenwähler und mit 10 % Leitungswähler aus.

Unser schematisches Bild (S. 352) stellt dar, wie in einem 10 000er Amt der Wahlvorgang vonstatten geht. Es sind so viele Gruppen- und Leitungswähler vorgesehen, daß für jeden Teilnehmer nur eine dem Gleichzeitigkeitsverkehr und den Verkehrsschwankungen angepaßte Zahl von Wählern zur Verfügung steht.

Hebt der Teilnehmer den Hörer ab, so beginnt der Vorwähler bereits zu suchen und steht auf einem freien Kontakt, wenn der Teilnehmer die Scheibe zu drehen beginnt. Jede Ziffernwahl dauert durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Sekunden, so daß jeder Teilnehmer in wenigen Sekunden erreicht werden kann. Das ist ein Vorteil, der gegenüber dem alten Handamt gar nicht hoch genug veranschlagt werden kann. Das automatische Telephon bedeutet also höchste Zeitökonomie, und zwar in jedem Falle,

denn spricht der gewünschte Teilnehmer etwa anderweit, so stellt der Leitungswähler die Verbindung gar nicht erst her, sondern der Anrufer hört das Besetztzeichen. Damit ist zugleich eine Störung und Blockierung irgend eines Teilnehmers ausgeschlossen. Ist der gewünschte Teilnehmer aber frei, so ruft ihn das Weckzeichen in Zwischenräumen von 10 zu 10 Sekunden. Auch dieses hört der Anrufer, so daß es in seinem Belieben steht, auf den Angerufenen zu warten, solange es ihm paßt. Hängt auch nur ein Teilnehmer ab, so fällt sogleich die ganze Verbindung zusammen und beide Apparate sind zu neuer Verbindung bereit.

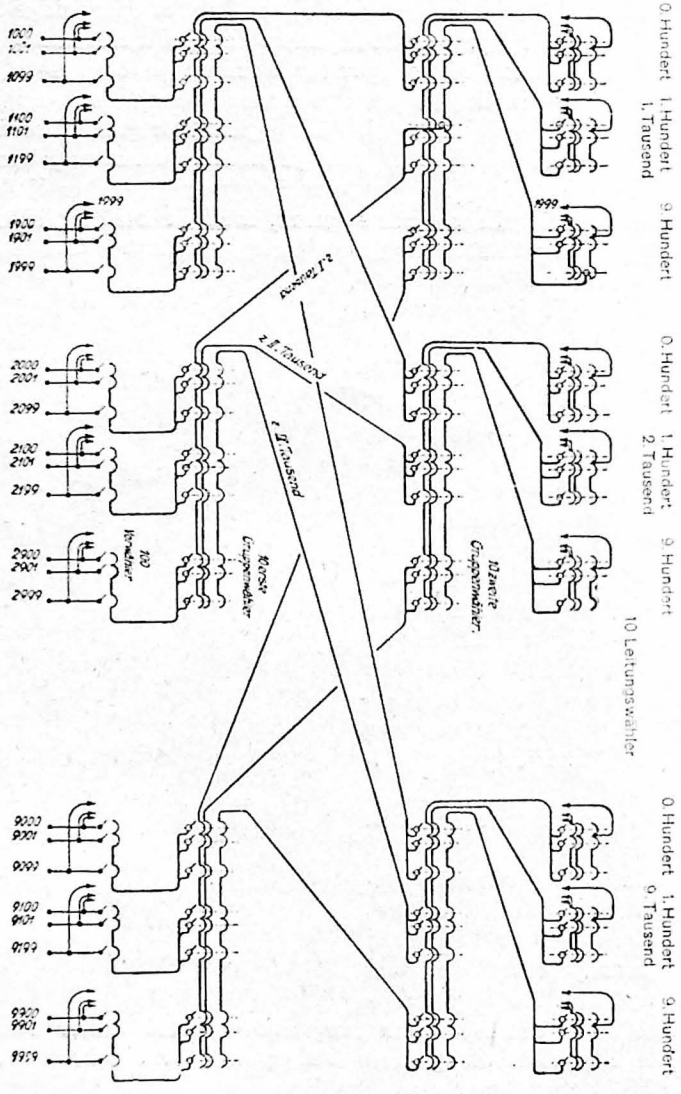
Mit diesen Einrichtungen zum Selbstverbinden der Teilnehmer ist ein gewaltiger Schritt vorwärts getan, weil sie die Möglichkeit bieten, die Grenzen der Ausdehnung von Telephonanlagen über ein gewisses Maß hinaus zu stecken, das an einer Stelle schon erreicht ist, nämlich in New York. Dort würde bei den 1 100000 Anschlüssen der Handbetrieb nicht nur wirtschaftlich, sondern auch technisch vollkommen versagen. Auch für London mit seinen 250 000 und Berlin mit 160 000 Anschlüssen versagt der Handbetrieb wirtschaftlich bereits, obwohl er sich technisch noch durchführen läßt. Dies läßt sich an zwei Bildern sehr schön erläutern, die Dr. Lubberger (Siemensstadt) in einer größeren Untersuchung mitteilt.



Vorwähler

In großen Anlagen können die Teilnehmerleitungen selbstverständlich nicht in einem einzigen Amte gesammelt werden, weil die Masse der Leitungen nicht untergebracht werden könnte und ihre Länge zu große Anlagekosten erforderte. Man muß also mehrere Ämter bauen. Nun sind alle Ämter in Großstädten bisher nach dem Schema des Bildes auf S. 357 gebaut worden. Das Bild zeigt 15 Ämter, und zwar sind je unmittelbar untereinander verbunden. Der sich meldende Teilnehmer wird von einer ersten Beamtin befragt, vermittelt die Verbindung zu dem gewünschten Amt, indem sie auf einer „Dienstleitung" einer zweiten Beamtin die Nummer mitteilt, mit der zu verbinden ist. Bei 15 Ämtern sind somit 15×14=210 „Bündel" von Verbindungs- und Dienstleitungen.

Bei New York mit seinen gegenwärtig 125 Ämtern — im Jahre 1930 rechnet man mit 220 — ist es nicht mehr möglich, die 220 Dienstleitungen bei jeder Beamtin so anzuordnen, daß keine Zeitverluste ent-



stehen. Und Zeitverlust ist das schlimmste für die Wirtschaftlichkeit, weil jede einzelne Verbindung diesen Verlust frißt.

Eine Anordnung mit sog. Knotenämtern ist ein Ausweg aus dieser Not. Hier verbindet man die 15 Ämter nicht alle unter sich, sondern führt die Leitungen „richtungsweise gebündelt" über „Knotenämter", d. h.

über Ämter, von denen aus weitre Leitungen strahlenförmig weitergehen. Der Handbetrieb kann solche Leitungsführung nicht bedienen. Denn zur Herstellung müßten 4 oder 5 Beamtinnen eingreifen, so daß die Herstellungskosten für Verbindungen unzulässig anwachsen würden. Außerdem ist die Gefahr von Falschverbindungen bei Reihenschaltung von Beamtinnen allzu groß. Da ferner der Personalwechsel im Jahre etwa 25 % beträgt und die Schulung von Beamtinnen für einen großen Betrieb mehrere Monate dauert, so wachsen die Personalkosten über alles Maß.

In London und Berlin mit ihren 120 bzw. 60 Ämtern ist der Handbetrieb zur Not noch durchführbar, aber in Deutschland sprechen auch noch die erheblichen sozialen Lasten mit. Die wirtschaftliche Zukunftsform ist die letztgeschilderte.

Eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit ergibt, daß für mittelgroße Anlagen die Anschaffungskosten für Handbetrieb kleiner sind als für Wählerbetrieb, die Betriebskosten jedoch infolge der Gehälter der Beamtinnen größer. Für ganz große Anlagen sind die Beschaffungskosten von Handämtern größer als für Wählerämter, so daß in diesem Fall der Wählerbetrieb in jedem Falle überlegen ist.

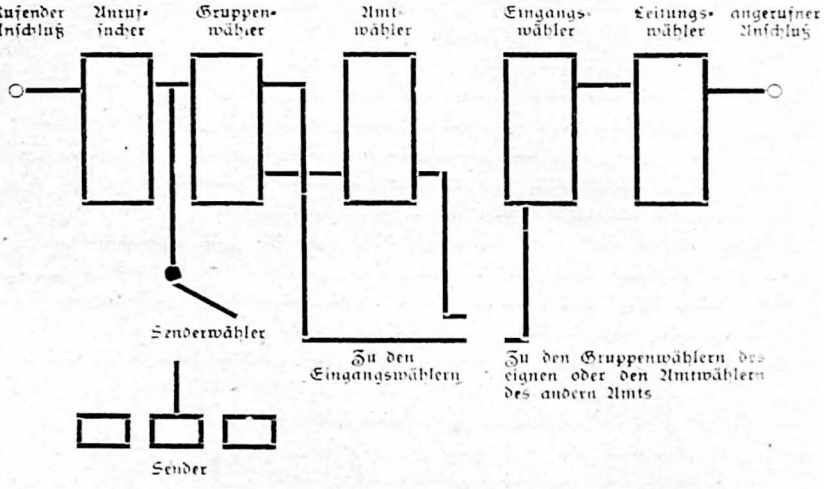
Dabei ist die Abschreibung von allergrößter Bedeutung. Beim Handamt ist das Vielfachfeld eine Einheit, die in 15 bis 18 Jahren ablebt, während beim Wähleramt jede kleine Einheit einzeln ersetzt werden kann. Die Lebensdauer beträgt hier 22 bis 25 Jahre. So ist also die Jahresquote für die Abschreibung beim Wahlamt wesentlich geringer. Das Ergebnis solcher Erwägungen hat sich überall dahin geneigt, daß die jährlichen Betriebskosten der Wählerämter so viel niedriger sind als die der Handämter, daß die höheren Anlagekosten bei mittelgroßen Anlagen in spätestens 4 oder 5 Jahren gänzlich abgeschrieben und die danach verbleibenden Ersparnisse reiner Gewinn gegenüber dem Handbetrieb sind.

Einiges vom Fernsprechamt New York

Das größte Fernsprechnetz hat New York. Dort sind für das automatische System besondre Vorkehrungen notwendig, weil die Scheibe mit den 10 Fingerlöchern nicht mehr ausreicht. Die siebenstelligen Zahlen würden das Wählen schließlich auch umständlich und unsicher machen. Man hat den Nummernscheiben dort deshalb noch 3 lateinische Buchstaben zugefügt, die zum Wählen des Namens des Vermittlungsamts dienen, bei denen der anzurufende Teilnehmer angeschlossen ist. Man wählt im übrigen wie bei uns zulande.

Die Vorgänge bei der Herstellung einer Verbindung in NewYork sind also folgende. Der rufende Teilnehmer nimmt seinen Hörer vom Haken (siehe die beistehende schematische Skizze) und schließt dadurch in bekannter Weise den Stromkreis seiner Doppelleitung, die in der Skizze nur als einfacher Strich gezeichnet ist, über ein auf dem Vermittlungs-

amt befindliches Relais. Dieses löst unter der der Leitung zugeordneten Gruppe von Anrufsuchern einen freien aus, so daß sein Bürstenarm sich dreht und erst auf den Kontakten der rufenden Anschlußleitung stehen bleibt. Ein dem Anrufsucher zugeordneter Senderwähler wählt gleichzeitig aus einer Gruppe von Sendern einen freien aus. Der Senderwähler ist ein kleiner durch einen Elektromagneten gesteuerter Wähler, der ganz ähnlich gebaut ist und auch so arbeitet wie der Vorwähler von Siemens & Halske. Ist hierdurch ein freier Sender mit der Anschlußleitung des rufenden Teilnehmers verbunden worden, so sendet er ihm über diese das Amtszeichen, einen tiefen Summerton, der dem Teilnehmer anzeigt, daß er mit dem Wählen beginnen kann. Das geht alles



so schnell, daß der Teilnehmer das Amtszeichen schon hört, wenn er den Hörer bis zum Ohr geführt hat.

Der Sender besteht aus Relais, Steuerschaltern und Wählern, der die Stromstöße gewissermaßen aufspeichert; er übermittelt sie der Reihe nach den noch zu erörternden Wählern des eignen und des gerufnen Amts und sorgt so für den Aufbau der Verbindung. Sehr bemerkenswert ist, daß die Nummernscheibe, die den Wählern vorauseilt, nach der Zehnteilung arbeitet, die Wähler aber nicht.

Die Verbindung geht dann so weiter vor sich. Der mit dem belegten Anrufsucher dauernd verbundne Gruppenwähler wählt, wenn der gerufne Teilnehmer zu demselben Amt gehört wie der rufende, einen freien Eingangswähler, und dieser einen mit dem gewünschten Anschluß verbundnen freien Leitungswähler. Liegt der gerufne Teilnehmer an einem andern Amt, so wählt der Gruppenwähler einen freien Amtwähler, der die Verbindung mit diesem Amt herstellt. Hat dieses Amt gleichfalls Selbstanschlußbetrieb, so geht die Verbindung wieder über Eingangswähler und Leitungswähler zum Teilnehmer; handelt sichs

aber um ein Handamt, so wird die Anschlußnummer des gewünschten Teilnehmers am Arbeitsplatz (Vielfachumschalter B) der Beamtin in einem Felde mit Zahlen bezeichneter Glühlampen, dem sogenannten Anrufzeiger, selbsttätig angezeigt. Gleichzeitig wird die vom Amtwähler belegte Verbindungsleitung selbsttätig kenntlich gemacht. Ruft ein an ein Handamt angeschlossner Teilnehmer einen Teilnehmer eines Selbstanschlußamts an, so wird bei diesem der Anruf von Beamtinnen entgegengenommen, die mittels Tasten (ähnlich wie bei halbselbsttätigen Ämtern) den Anruf an besondre Sender weitergeben. Die Sender stellen dann über Eingangs- und Leitungswähler die Verbindung her.

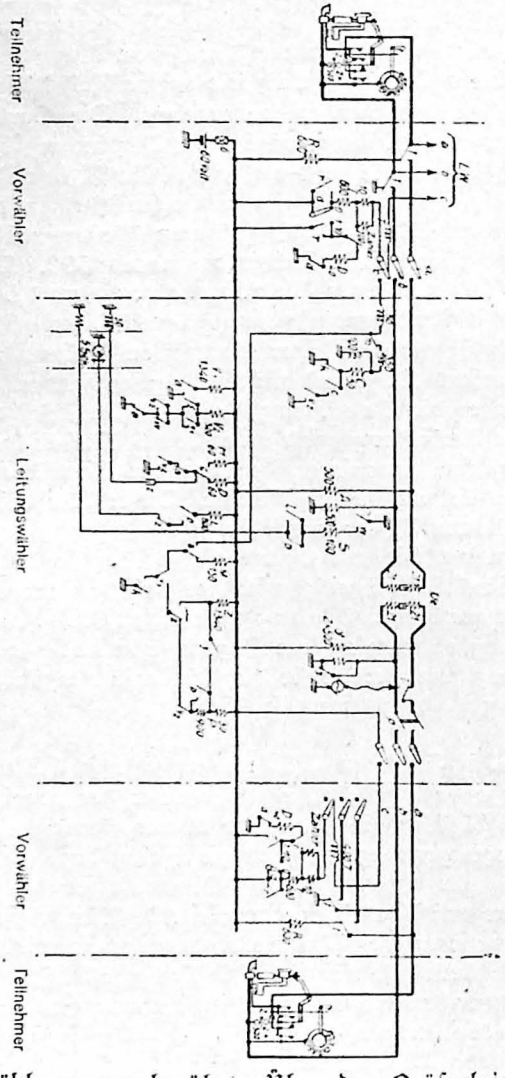
Besondre Bedeutung haben die neuen Paneelwähler der Western Electric Co., die bei den jüngsten amerikanischen Selbstanschlußämtern benutzt werden. Während die früheren Westernwähler für 200 Anschlußleitungen gebaut sind, haben die neuen 500. Der Wähler besteht im wesentlichen aus einer Metallstange von etwa 1,5 m Länge, die in regelmäßigen Abständen von je etwa 30 cm 5 Bürstensätze trägt, die im Ruhezustande je am Fuß einer Kontaktbank stehen. Es sind 5 Kontaktbänke vorhanden. Diese sind nicht zylindrisch, sondern in einer Ebne angeordnet; daher die Bezeichnung Paneelwähler. Bei der selbsttätigen Herstellung der Verbindung wird unter den 5 Bürstensätzen des Eingangswählers derjenige ausgesucht, der vor der Kontaktbank steht, in der die gewünschte Leitung zu erreichen ist. Dieser Bürstensatz wird indirekt durch einen kleinen Motor ausgelöst, so daß seine Bürstenarme in Drehbewegung geraten. Sie spielen nunmehr vor den Kontakten der zugehörenden Kontaktbank. Gleichzeitig wird der belegte Stangenwähler mit einer von dem erwähnten Motor angetriebnen Welle vorübergehend so gekuppelt, daß er mittels einer Zugstange entweder nach oben oder nach unten bewegt wird, wobei er die Bürstensätze natürlich mitnimmt. Die Wählerstange bewegt sich also hier nur in senkrechter Richtung.

Ganz unten im Paneel ist für jeden Wähler ein Satz von Elektromagneten vorhanden. Im obersten Gestellfeld, also über der obersten Kontaktbank, ist für jeden Wähler eine besondre Überwacheinrichtung vorgesehen, die seine Bewegungen begrenzt und gleichzeitig dazu dient, die Verbindung zwischen den vielfach geschalteten Wählerbürsten mit den Zuführungen durch besondre auf Kontaktschienen gleitende Bürsten herzustellen. Dadurch werden biegsame Drahtverbindungen entbehrlich. Das Gestell enthält 5 Kontaktbänke für je 100 Leitungen. Je 30 Wähler, die je eine Verbindung mit jeder der 500 Leitungen herstellen können, stehen auf beiden Seiten des Gestells diesen Kontaktfeldern gegenüber. Rechts neben den Wählern sind 30 Steuerwähler, die zur Steuerung der 30 Wähler dienen. Die Steuerwähler sind von derselben Bauart wie bei dem alten Westernwähler.

Die beschriebne Bauart soll sich in amerikanischen Großstädten ausgezeichnet bewährt haben.

Die schaltungstechnischen Mittel der automatischen Telephonie

Beim Abheben des Hörers wird am Hakenumschalter des Teilnehmers die Leitungsschleife für einen Gleichstrom geschlossen, der aus einer Zentralbatterie des Amts über das Anrufrelais R (s. nebenst. Bild) des Vorwählers fließt. Dieser Wähler hat noch ein Trennrelais T und trägt auf seiner Schaltwelle außer dem a-, b- und c-Arm noch einen d-Arm, über den in der Ruhestellung des Wählers sein T-Relais anspricht, sobald der Teilnehmer selbst von einem Leitungswähler aus angerufen wird. Dadurch wird verhindert, daß, wenn der Teilnehmer, in diesem Fall als Gerufner, abhebt, sein Vorwähler zu laufen beginnt. In den Arbeitsstellungen des Wählers fließen über den d-Arm die Unterbrecherströme, die seine Schaltwelle nach Stromloswerden von T in die Ruhelage zurückführen.



Vollautomatische Fernsprechanlage für 100 Anschlüsse nach dem Schleifensystem

Das Anrufrelais R legt, wenn es anspricht, Unterbrecherstrom auf den Drehmagneten D, der den Wähler solange dreht, bis sein c-Arm die c-Leitung zu einem freien Wähler der nachgeordneten Wählergruppe berührt. Über das Prüfrelais C dieses Wählers erhält dann das T-Relais des Vorwählers Strom, schaltet den Drehmagneten D ab und die a-b-Teilnehmerleitung vom Rufrelais auf die zum belegten Wähler führende a-b-Leitung durch. Der Vorwähler bleibt also stehen.

Der weiteren Darstellung sollen im folgenden nur die Vorgänge bei einer Hunderter-Anlage nach dem Schleifensystem unseres Bildes zugrunde gelegt werden.

Zur Erklärung der Bezeichnungen sei bemerkt, daß die durch große Buchstaben bezeichneten Relais (A, V, Z usw.) die Kontakte betätigen, die die gleichen kleinen Buchstaben (a, v, z usw.) tragen. Die Darstellung bezieht sich auf den Ruhezustand des ganzen Systems bei Stromlosigkeit aller Relais. Der Kopfkontakt k (oben auf dem Wähler) und der Wellenkontakt w werden mechanisch, k beim ersten Hebeschritt, w beim ersten Drehschritt der Schaltwelle betätigt und kehren erst mit dieser selbst in die Ruhestellung zurück, m wird vom Auslösemagneten M gesteuert.

Beim Hörerabnehmen spricht hier infolge des Durchschaltens der a-b-Leitung durch den Vorwähler das Relais A des Leitungswählers an und setzt über seinen Arbeitskontakt a das Verzögerungsrelais V_1 unter Strom. Beim Aufziehen der Scheibe bleibt die Stromschleife geschlossen, es tritt daher auf dem Amte keine Änderung ein.

Beim Ablaufen der Scheibe wird auf der Teilnehmerstation die Schleife der gewählten Zahl entsprechend oft geöffnet, im Amte läßt das A-Relais daher ebenso oft seinen Anker los.

Der Anker des Verzögerungsrelais V_1 kann diesen schnellen Unterbrechungen des a-Kontaktes nicht folgen, V_1 bleibt daher während der Impulsgabe erregt und hält seine Arbeitskontakte v_1 geschlossen.

Beim Abfallen des A-Ankers bekommt daher über den Ruhekontakt a, den Wellenkontakt w und den Arbeitskontakt v_1 das Relais V_2 Strom-Impulse, die, da V_2 ebenfalls als Verzögerungsrelais gebaut ist, ein dauerndes Festhalten seines Ankers bewirken.

Gleich beim ersten Stromstoß wird somit ein Stromkreis über v_2, a, c (das Prüfrelais C steht, wie oben erörtert, über die vom Vorwähler kommende Prüfleitung, m und k ebenfalls unter Strom) und den Hebemagneten H des Wählers geschlossen und bei a den Impulsen entsprechend wieder geöffnet, so daß die Schaltwelle die gewählte Zahl von Stufen steigt.

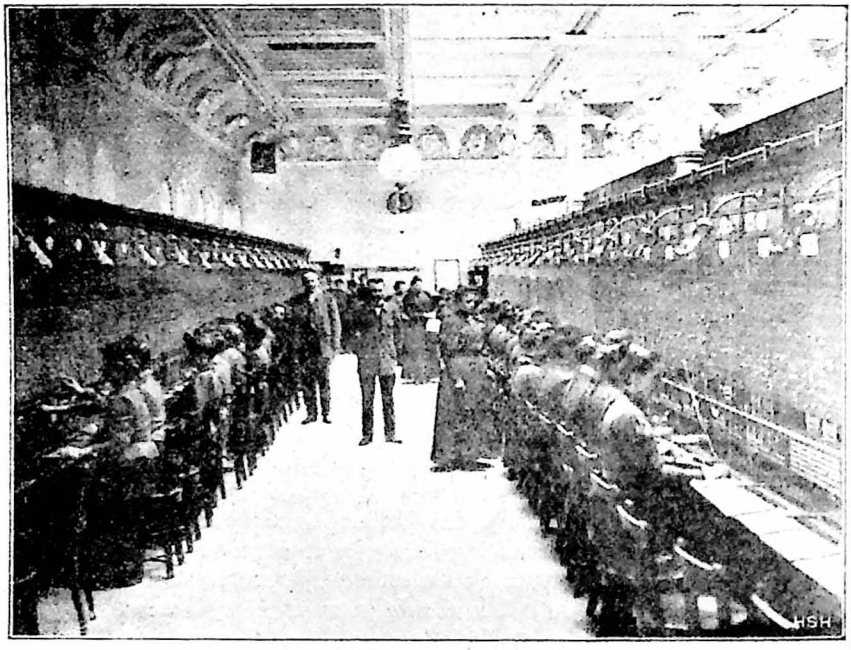
Beim ersten Hebeschritt öffnet der Kopfkontakt k, so daß der Prüfmagnet C sich nun über c und v_2 weiter hält.

Nach Ablauf der Nummernscheibe bleibt Relais A wieder dauernd erregt, der V_2-Stromkreis wird daher bei a dauernd unterbrochen, V_2 läßt los und öffnet auch den C-Strom. C läßt los, das T-Relais des Vorwählers wird aber über den 100-Ohm-Nebenschluß weiter gehalten.

Beim Wiederablauf der Scheibe für die zweite Zahlenreihe spricht mit dem ersten Abfall des A-Ankers auch V_2 wieder an. Diesmal wird hierdurch infolge der Stromlosigkeit von C über dessen Ruhekontakte c der Drehmagnet D des Wählers erregt und stellt die Schaltwelle auf die Leitung des gewählten Teilnehmers ein.

Beim ersten Drehschritt wird der oben genannte V_2-Stromkreis am Ruhekontakt w unterbrochen. V_2 bleibt aber über v_2 weiter erregt. Gleichzeitig wird durch den Arbeitskontakt w der Weg für einen Summerstrom vorbereitet, der über eine auf das A-Relais gewickelte Spule s verläuft.

Ist die gewählte Teilnehmerleitung besetzt, so liegt ihre c-Leitung entweder am Ruhekontakt ihres Vorwählers tot oder über 30 Ohm eines Leitungswähler-Prüfrelais an Erde. In beiden Fällen kann das Prüfrelais P des prüfenden Leitungswählers daher nicht an-

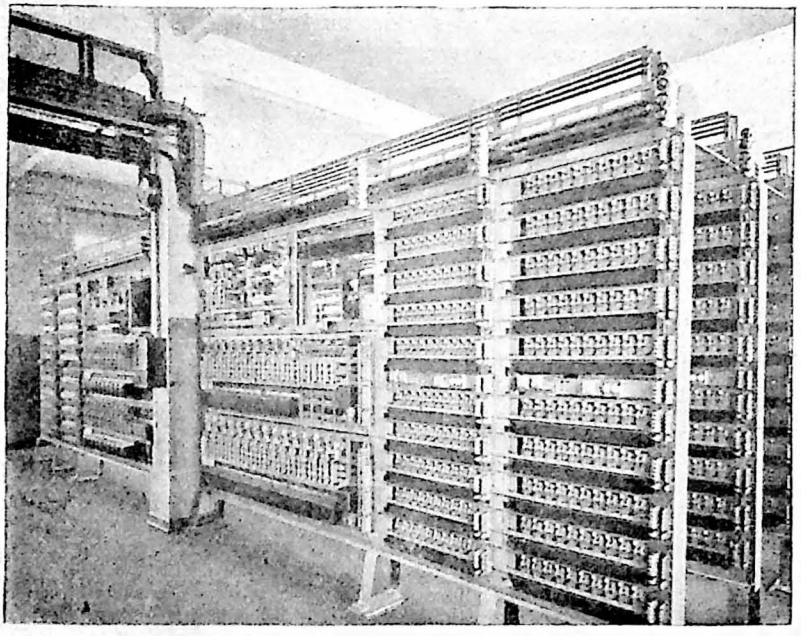


Telephonamt mit Handbetrieb

sprechen, der anrufende Teilnehmer erhält über den Ruhekontakt p und die Spule s das Besetztsummerzeichen. Hängt er daraufhin den Hörer an, so wird die Stromschleife auf der Station unterbrochen, A und V_1 lassen ihre Anker abfallen, und auf dem Wege Erde, k, v_1, z, M, Batterie wird der Auslösemagnet M betätigt, der den Wähler in die Ruhelage zurückführt.

Ist die gewählte Teilnehmerleitung frei, so spricht P an und schließt einen Strom von der Batterie über das Läuferelais L, p, z und den 5-Sekundenschalter nach Erde. L spricht intermittierend an und legt bei 1 Rufstrom auf die von P durchgeschaltete Teilnehmerleitung. Sobald der Gerufene abhebt, spricht Relais Y an, über das er seinen Mikrophonstrom erhält.

Y setzt außerdem das Zählerrelais Z unter Strom (Batterie, Z, y, p, v_2, z, v_1, k, Erde), das sich auf dem kürzeren Wege Batterie, Z, z, v, k, Erde auch weiter hält, nachdem der gerufene Teilnehmer angehängt hat und Y dadurch stromlos geworden ist. Die c-Leitung wird hierbei vollkommen abgeschaltet, so daß auch das Vorwähler-T-Relais des Gerufenen stromlos wird und dieser jetzt für die anderen Leitungswähler wieder als frei erscheint. Erst wenn auch der Teilnehmer anhängt, von dem die Verbindung ausging, so daß A und V



Blick in ein selbsttätiges Wähleramt

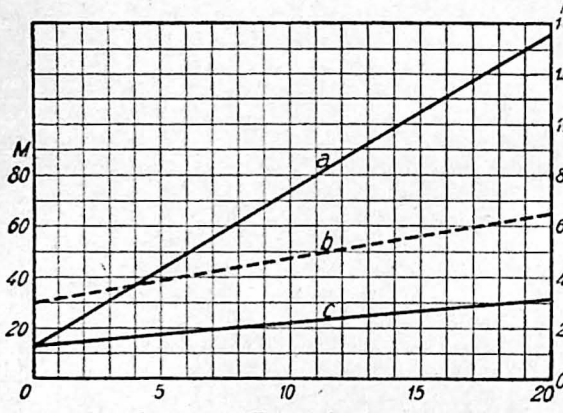
ihre Anker abfallen lassen, wird auch der Stromweg für Z unterbrochen.

Nun ist Z als Verzögerungsrelais gebaut, und es kommt vorübergehend folgender Stromweg für den Gesprächszähler des anrufenden Teilnehmers zustande: Erde, k, v_1, z, c-Leitung, Zähler, t, Vorwähler-d-Arm, Batterie. Nach dem verzögerten Abfallen des Z-Ankers bekommt der Gesprächszähler über 50, 550 und 100 Ohm wieder verminderten Strom und schaltet dabei das Zahlenrad um eine Zahl weiter, außerdem bekommt auf dem bereits oben beschriebenen Wege der Auslösungsmagnet M des Leitungswählers Strom und führt diesen in die Ruhelage zurück. Beim Ansprechen von M unterbricht dessen Seitenkontakt in die c-Leitung zum Vor-

wähler, dessen T-Relais dadurch stromlos wird und der demzufolge unter dem Einfluß von D in die Anfangsstellung zurückläuft.

Halbautomatischer Betrieb

Hat man sich von der Güte und dem Wert des automatischen Betriebes überzeugt, so taucht zuerst die Frage auf, ob es möglich ist, von den an den meisten Stellen bestehenden Handämtern allmählich auf automatische überzugehen, um diese einzuführen. Das geht sehr wohl, und geschieht in der Weise, daß der Teilnehmer des automatischen Amts die Nummer des Handamts zieht und dort von der anrufenden Beamtin mit dem gewünschten Teilnehmer, dessen Anschluß im Handamt liegt, verbunden wird. Umgekehrt: Wünscht ein Handamtsteilnehmer einen im Automatenamt zu sprechen, so legt seine Beamtin den Anruf über ein Schnursystem auf eine Verbindung, die im automatischen Amt an einem Vorwähler endet. Dieser Vorwähler gibt den Ruf an eine grade freie Halbautomatenbeamtin weiter, die mit Hilfe einer schreibmaschinenartigen Tastatur eine Zahlengebermaschine einstellt, die nun ihrerseits die Rolle des Teilnehmers an der Nummernscheibe übernimmt. Mit solchen Hilfsmitteln kann man das Handamt allmählich abbauen.



Gespräche je Tag und Teilnehmer

Jährliche Betriebskosten für einen Amtsanschluß

a Handbetrieb b Automatischer Betrieb
c Handbetrieb, Ausgaben für Tilgung, Zinsen und Unterhaltung, ohne Kosten der Bedienung

Ähnlich wie geschildert geschieht auch das Zusammenarbeiten der automatischen Ortsämter mit den von Hand zu bedienenden Fernämtern.

Auch Nebenstellen, Gesellschaftsleitungen, Mehrfachanschlüsse usw. lassen sich im Bereich des automatischen Amts einrichten, und die automatische Gesprächszählung wie sie durch die neue Finanzpolitik der deutschen Reichspost bedingt wird, damit verbinden.

Die Einführung des automatischen Telephons beseitigt mit einem Schlage viele berechtigte Klagen, die sich namentlich bei großen Handämtern einstellen und nicht bei den Personen, sondern in erster Linie im System liegen. Diese Übelstände sind so erheblich, daß das Telephonieren, das an sich als ein Segen für die Menschheit begrüßt wurde,

von vielen im praktischen Leben Stehenden als eine unerträgliche Qual empfunden wird. Falsche Verbindungen, langes Wartenmüssen bei der Herstellung und Trennung, Doppelverbindungen, das unerwünschte Mithören, die Abhängigkeit von der beschränkten Dienstzeit der kleinen Ämter und dgl. m. verbittern dem Teilnehmer das Leben und den Gebrauch seines Apparates. Wer beim selbsttätigen Amt falsche Verbindungen bekommt, hat sie sich selber zuzuschreiben; und warten muß man als höflicher Mensch mit dem Sprechen auch, wenn ein dritter mit dem Gewünschten ohne Telephon spricht.

Das automatische System erfüllt aber auch den ausgezeichneten und überall anzustrebenden Zustand, den Menschen von rein mechanischen Dienstleistungen zu befreien und diese sogar viel präziser und schneller auszuführen. Zugleich werden zahlreiche Personen erspart, die Löhne und Gehälter und damit die Betriebskosten wesentlich herabgedrückt.

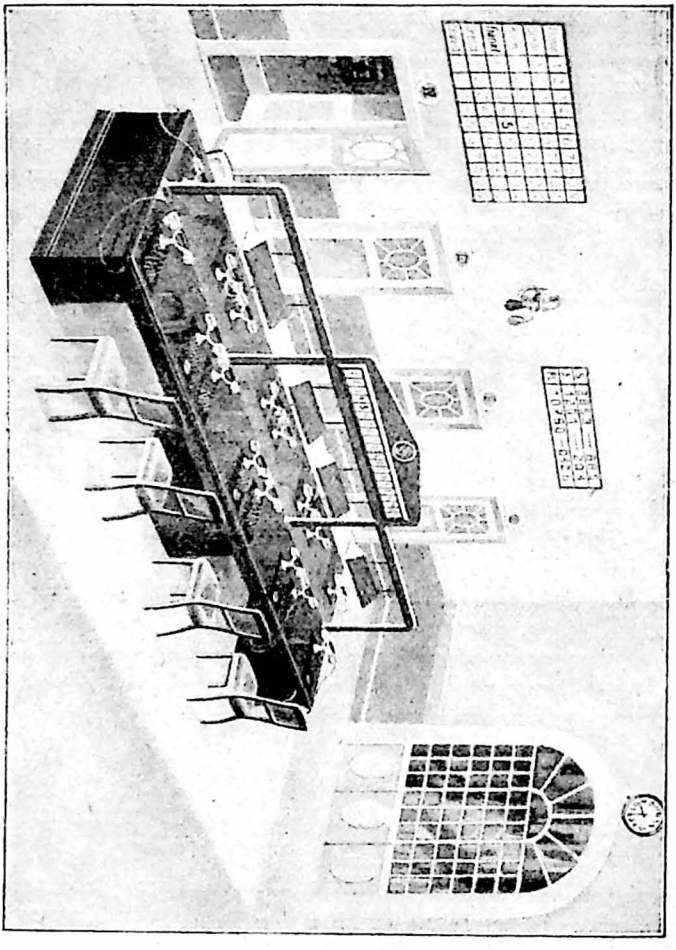
Automatischer Betrieb ist in Bezug auf Anlage- wie Betriebskosten meistens billiger als Handbetrieb. Unser letztes Bild, das sich auf 40000 über sieben Ämter verteilte Anschlüsse bezieht, gibt einen Überblick über die Betriebskosten und ihre Abhängigkeit vom Verkehr. Sie ergibt, daß die Betriebskosten mit der Zahl der Gespräche auf den angeschlossnen Apparat beim Handamt viel schneller zunehmen als beim selbsttätigen. Inzwischen ist dieses Verhältnis durch die hohen Personalkosten noch weiter zugunsten des automatischen Betriebes verschoben worden. Während im Handamt Dutzende oder Hunderte gehetzter Beamtinnen durcheinander wirtschaften, mit einer nervenzerrüttenden und dabei doch rein mechanischen Tätigkeit, sind im automatischen Amt nur wenige geschulte Mechaniker notwendig; in den Regalen der Wählerapparate spielt sich alles in vollkommner Ruhe und Geräuschlosigkeit mechanisch ab. So ergeben sich bei Einführung des Selbstwähleramtes nur Vorteile, keine Nachteile; deshalb gehört ihm auch die Zukunft.

Das elektrifizierte Devisenzimmer

Dollar und Devisen, Schlagwörter, die die heut grade grassierende Mode an die Oberfläche getragen hat, spuken dem Zeitgenossen auf Schritt und Tritt entgegen. Um sie dreht sich jetzt ein nicht unerheblicher Teil des gesamten Denkens im breitesten Publikum; sie bilden den ständigen Gesprächsstoff der meisten Menschen, die vor einigen Jahren noch nicht einmal gewußt haben, was Devisen sind, und die den Dollar nur aus der Schule her kannten, als sie mit den berüchtigten „Verwandlungsaufgaben" gepiesackt wurden. — „Verwandle 3497 Mark und 76 Pfennige in Dollars und Cents!" — eine Aufgabe, die, wenn ihnen sonst dazu Gelegenheit gegeben wäre, heut gern von den meisten

derjenigen Jünger Adam Rieses vollzogen würde, die sich ehedem in der Schule so ablehnend gegen derartige Zumutungen verhalten haben.

Aber die Kunst, Mark in Dollars zu verwandeln, ist heut nicht mehr so einfach wie früher, denn sie bedarf, will sie erfolgreich sein, nicht bloß eines großen geldlichen Aufwands, sondern auch der raffi-



Das moderne Devisenzimmer einer Großbank mit den Devisen-Fernsprechern von Siemens & Halske

nierteften technischen Hilfsmittel, so großer, wie sie nur eine leistungsfähige Großbank zur Verfügung hat. Genügte früher ein einfacher Telephon-Postanschluß, den man vom bequemen Klubsessel aus traktieren konnte, — der moderne Devisenhändler braucht sechs oder zwölf Apparate, die er wie weiland Cäsar, der bekanntlich gleichzeitig las, diktierte und sonst noch eine mehr oder weniger notwendige körperliche Beschäftigung verrichtete, alle zur selben Zeit unter Strom und den

Armen, zwischen den Beinen und andern für Bewegungszwecke angewachsnen Körperteilen geklemmt hält.

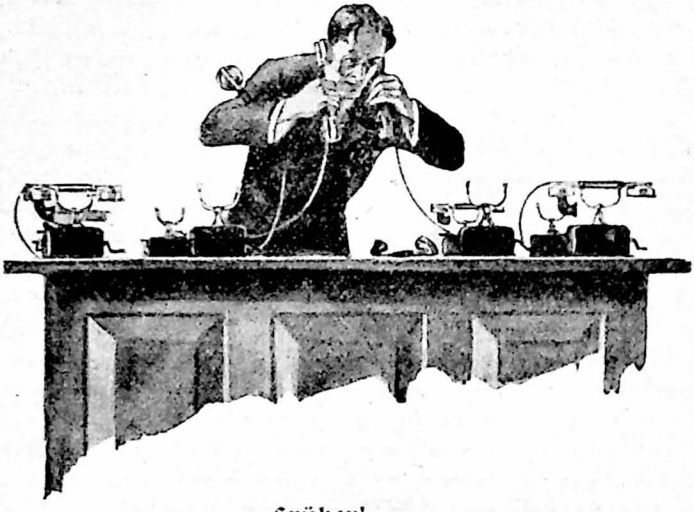
Herrgott, war das früher eine Wirtschaft mit dem Telephon, wenn man aus Versehen dem Konkurrenten die einem zweiten grade mit Mühe, Not und List aus der Nase gezognen schönsten Börsenneuigkeiten und die herrlichsten Tipps, das Ergebnis zahlreicher Bemühungen hin und her, ins Ohr plauschte in dem holden Gedanken, die Direktion selber freudestrahlend über seinen neusten gelungenen Feld- und Fischzug auf dem Devisenmarkt zu unterrichten! Bloß weil in der Hitze des Gefechts der falsche Apparat ergriffen und besprochen wurde! — Und wie, wenn nach der zweiten oder dritten Rückfrage die alte Verbindung aufgehoben war, weil die herrliche Dame vom Amt schon mi — nu — ten — lang niemand mehr sprechen hörte und nun natürlich pflichtschuldigst in des Wortes wahrster Bedeutung die Strippe zerriß. — — —

Es war ein echtes und rechtes Kreuz, sich stundenlang mit dem ganzen oder halben Dutzend in allen Tonarten rasselnder Apparate, deren Anrufe man nicht mehr unterscheiden konnte, herumzuschlagen in der steten Angst, den falschen zu erwischen, und der schwachen Hoffnung, am richtigen den Anschluß noch nicht verpaßt zu haben. Denn wie anders sollte man sich während der telephonischen Abwicklung eines Geschäfts über die Kurse unterrichten, als durch zwischenlaufende telephonische Rückfragen hier und dort, wie konnte man dauernd in der richtigen Tendenz schwimmen, wenn man nicht immerwährend mit den entsprechenden Stellen im Hause und an der Börse in Verbindung blieb? Und handelte es sich um große Geschäfte, so wollte natürlich auch die Direktion noch ihr Wort mitsprechen, da sie ja letzten Endes das Karnickel ist, das die verpatzten Geschichten ausbaden muß. Und nun stelle man sich diesen Betrieb vor, wenn vier oder sechs solcher geplagten Geschöpfe von Devisenhändlern durcheinanderwirtschaften — — —

Solange sich das Geschäft in den gemütlichen Formen der Vorkriegszeit abwickelte, solange nur einer oder zwei Devisenhändler arbeiteten, ließ sich der Betrieb zur Not ertragen. Aber die neuste Zeit mit ihrem ins Gigantische aufgeblasnen Devisengeschäft, das ungeheure Massen Werte in Augenblicken hin und her wirft, stellte an die Nerven der auf die einfachen technischen Einrichtungen gestellten Devisenhändler so gewaltige Anforderungen, daß sich der Betrieb und seine notwendige Erweitrung und Beschleunigung mit den alten Hilfsmitteln nicht mehr aufrecht erhalten ließ.

In dieser Not sprang Siemens & Halske mit ihren altbewährten Konstruktionen den plötzlich auftauchenden neuen Forderungen bei, und schufen Einrichtungen, die wohl das Ideal dessen darstellen mögen, was sich die alten Devisenhändler je erträumen konnten. Danach hat das moderne Devisenzimmer eine Gestalt angenommen, die im wesentlichen ein neuzeitliches Zimmer mit technischen Einrichtungen, mit bequemen Sitz- und Schreibgelegenheiten geworden ist. Das Haupt-

kennzeichen gegen den alten Arbeitsplatz des Devisenhändlers ist, daß die Zahl der Telephonapparate von 10 oder 6 auf 2 vermindert ist. Unter Umständen würde auch einer genügen, wenn es nicht aus technischen Gründen zweckmäßig wäre, bei zweien stehen zu bleiben. Die Anschlüsse wurden über zwei übersichtliche Tastenplatten in zwei Gruppen auf diese beiden Apparate verteilt, die eine, die Amtsgruppe, besorgt die Amts- und Ferngespräche, die andre, die Maklergruppe, die Makler- und internen Gespräche. Die Amtsgruppe ist an die Hausnebenstellenzentrale angeschlossen, während die Maklerleitungen unmittelbar zu den einzelnen Maklern führen. Außerdem besteht an jedem



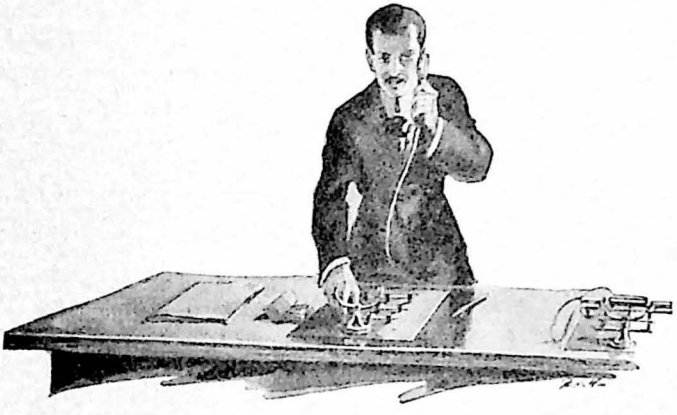
Früher!
Der alte Zustand des Devisen-Händlers, an einer ganzen Batterie von Telephonapparaten arbeitend

Arbeitsplatz ein besondrer Anschluß zum Nebenstellenschrank und zu einer Hausautomatenzentrale, so daß die Devisenhändler auch mit den übrigen angeschlossnen Teilnehmern der Bank verkehren und von diesen angerufen werden können.

Sämtliche Amts-, Zentralen- und Maklerleitungen sind vielfachgeschaltet, so daß man sich von jedem Platz aus in jede Leitung einschalten kann. Wird das Devisenzimmer vom Amt aus angerufen und von der Nebenstellenzentrale eingeschaltet, so leuchtet die zugehörende Leitungsnummer an einer über dem Tisch angebrachten, von allen Plätzen aus gut sichtbaren Schilderreihen auf. Schaltet sich ein Devisenhändler in diese Leitung ein, so erlischt die Anruflampe, während auf allen Arbeitsplätzen die Besetztlampen erglühen und damit dort diese Leitung sperren.

Banken, die viel Fern- und Auslandsgespräche führen, lassen sich die Einrichtung der Leuchtnummeranzeige im Devisenzimmer insofern noch erweitern, als die Namen der wichtigsten Börsenstädte zugleich mit der zugehörenden Leitungsnummer an einer Lichttafel aufleuchten. Die Gespräche werden dann von einem grade freien Devisenhändler entgegengenommen. So können wichtige Plätze unwichtigen gegenüber bevorzugt werden.

Wohl das Unangenehmste bei den alten Anordnungen war, daß, wie schon erwähnt — während der Rückfrage auf einem andern Apparat



Jetzt!
Am modernen Siemens-Devisen-Fernsprecher

leicht das ursprüngliche Gespräch verloren ging und neu beschafft werden mußte. Das ist jetzt dadurch vermieden, daß die Besetztlampen während der Gespräche weiterleuchten, ganz gleich, wieviel Rückfragen man, selbst auf der gleichen Tastenplatte, inzwischen auch erledigt. Dabei ist Vorsorge getroffen, daß der mit der einen Platte verbundne Teilnehmer nicht hört, was auf der andern gesprochen wird; im Handgriff der beiden Fernsprechapparate sind zu dem Zweck beim Sprechen von der Hand zu betätigende Tasten eingebaut.

Um sich für ein Gespräch ganz absondern zu können, oder auch um bei schlechter Verständigung nicht noch durch die Gespräche der im selben Zimmer arbeitenden Kollegen gestört zu werden, ist es möglich, Ferngespräche durch einfache Überschaltung (Tastendruck) auf eine der im Devisenzimmer eingebauten Fernsprechzellen dort weiterzuführen.

Für das Mithören der Direktion, die natürlich den Gang und Abschluß großer Geschäfte überwachen will, ist eine Mithöreinrichtung angebracht.

Das Prinzip, den Kursstand der wichtigsten Geldsorten dem Publikum durch Aushang sichtbar zu machen, ist im Devisenzimmer natürlich in weit vollkommnerer Form verwirklicht. Will ein Devisen-

händler den augenblicklichen Kurs der wichtigsten Valuten wissen, so drückt er nur eine Taste; eine Leuchttafel der gegenüberliegenden Wand läßt sogleich erkennen, welche letzte Notierung im Hause bekannt ist. Und um das Maß der Bequemlichkeit vollzumachen, gibt ihm ein Fingerdruck durch Aufleuchten der roten oder der grünen „Tendenzlampe" an, ob man gegenwärtig Hausse oder Baisse begünstigt.

Der Mann am Tisch braucht also weder zu fragen noch von seinem Platz aufzustehen, um zu wissen, was in der Welt der Börse an den wichtigsten Plätzen vor sich geht. Und das gute und nervenschonende dabei ist, daß ein großer Teil der Informationen auf die geräuschloseste Weise von der Welt vor sich geht, daß hier kein Börsenlärm nur deshalb erschallt, weil man die hundert mal am selben Tage gestellten Fragen beantwortet wissen will: Steigend oder fallend? — Wie steht der Kurs? — Wo bekomme ich welches Gespräch? — Nur was die Herren nach draußen zu sagen haben, erfüllt diesen Raum, der trotz aller Lebendigkeit und Eile, die hier hauptsächlich die Kupferadern durchpulst, gegen das alte Devisenzimmer beinahe eine Stätte von Grabesstille geworden ist.

Es liegt auf der Hand, daß ein Mann mit derartig vollkommnen technischen Einrichtungen seine Geschäfte ganz anders abwickeln kann, als er es bisher imstande war. Und die Nerven, die früher in wenigen Jahren endgültig verbraucht waren, werden trotz vielfach gesteigerter Leistung geschont. Aber die Umsätze der heutigen Massenhaftigkeit sind erst durch die Elektrifizierung des Devisenzimmers möglich geworden.

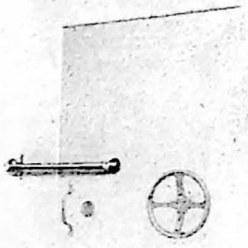
Die Verwendung der Elektrizität im Devisenzimmer ist ein lehrreiches Beispiel, wie durch die Benutzung der höchsten technischen Mittel die Leistung eines Betriebes um das Vielfache gesteigert werden kann. Man sollte nirgends zögern, diesem Vorgang zu folgen. Zwar verschlingen Neueinrichtungen zuerst viel Geld, das scheinbar hinausgeworfen wird. Aber der weitausschauende Geschäftsmann weiß, daß sich das hineingesteckte Kapital binnen kurzem bezahlt macht und darüber hinaus hohen Nutzen abwirft.

Tresorsichrungen

Zum Schutze von Tresors, Geldschränken u. dgl. sind natürlich zahlreiche Einrichtungen erdacht worden, die alle zu beschreiben hier nicht der Ort ist. Eine vorzügliche Sicherheitseinrichtung solcher Art bringt die Siemens & Halske A.-G. auf den Markt. Sie besteht aus Kontaktarmen, die so empfindliche Kontakte besitzen, daß sie bei der leisesten Berührung Alarm schlagen. Jede Erschütterung und jede durch plötzliche Erwärmung hervorgerufne Formveränderung des zu schützenden Objekts wird angezeigt. Es könnte ja jemand auf den Gedanken

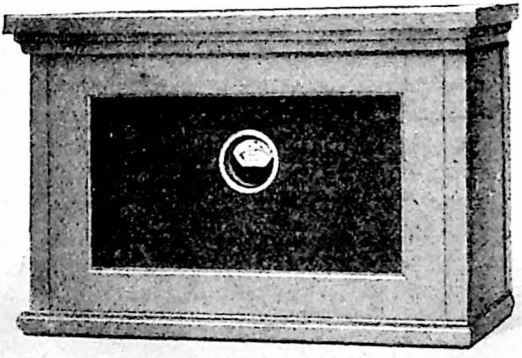
kommen, ſtatt den Geldſchrank zu berühren, ihn durch Hitze zu zerſtören. Das geht aber nur, indem auch der Apparat anſchlägt. Der Grad der Empfindlichkeit bei der Einſtellung läßt ſich mühelos regeln.

Der Apparat beſteht aus einem drehbaren hohlen Arm, in dem zwei ungleicharmige Hebel ſo eingebaut ſind, daß ſie in rechtwinklig zueinander gerichteten Ebnen ſchwingen. Der im langen Rohr untergebrachte Hebel ſteuert mit ſeinem Ende die Kontakteinrichtung, während der ſenkrecht hierzu ſtehende zweite Hebel durch einen Fühlſtift an der Geldſchranktür liegt. Die Kontaktarme ſind durch Leitungen mit einer Zentralſtelle verbunden.



Elektriſcher Sicherheitskontakt gegen Einbruch

Die Anlage arbeitet mit Ruheſtromſchaltung. Jede Erſchütterung des Kontakts, die eine Veränderung der Stromverhältniſſe in der Leitung herbeiführt, löſt an der Zentralſtelle über eine Relaiseinrichtung die Alarmapparate aus. Auch jede Stromveränderung, die durch Überbrücken oder Durchſchneiden der Leitungen zum Kontaktarm entſteht, führt zu einem Alarm an der Zentralſtelle.



Empfangsapparat der Einbruchſicherung

An eine Leitung können bis zu drei Kontaktarme angeſchloſſen werden. Sollen jedoch bei Anſchluß mehrerer Kontaktarme beſondre Signale gegeben werden, ſo erhält die Zentralſtelle noch eine Lichttableau-Einrichtung. Der Anſchluß der Kontaktarme muß hierbei an getrennte Leitungen erfolgen. Für die Ausſchaltung der Kontaktarme

der Anlage während der Dienst- oder Tagesstunden ist ein entsprechender Schalter an der Zentralstelle vorgesehen. Als Alarmapparate werden Wecker, Hupen oder Motorsirenen verwendet. Wird bei Anwendung von Weckern ein Signal gewünscht, das von den Signalen der bereits vorhandnen aber andern Zwecken dienenden Weckern verschieden ist, so sind Einschlagwecker anzuschließen, die dann durch eine besondre, in einem Einsatzkasten zu dem Empfangsapparat montierte Relaiseinrichtung als langsam schlagende Wecker arbeiten.

Zur Therapie des elektrischen Heizkissens

Nicht alle elektrischen Apparate sind ohne Gefahr für die Gesundheit benutzbar. Als man die Eigenschaften der Röntgenstrahlen noch nicht kannte, sind Forscher an den Folgen ihrer Forschungsarbeit schwer erkrankt und auch wohl gestorben.

Es gibt aber noch mancherlei andre Dinge, die unscheinbar sind und doch schwer gesundheitsschädigend sein können. Ein solcher Fall ist kürzlich von dem Arzt Dr. Franz Lyon in Freiburg i. B. beschrieben worden. Der Arzt wurde zu einem etwa 6 Wochen alten Kinde gerufen, das plötzlich an einem Hautausschlage erkrankt war. Er stellte ein seborrhoisches Ekzem fest, das am stärksten da auftrat, wo die Haut besonders wasserreich ist, also wo Schweißdrüsen gehäuft stehen und wo die nasse Windel dem Körper anliegt. Bei der Untersuchung des in der Wiege liegenden Kindes hatte der die äußre Haut betastende Finger ein Gefühl, als ob er etwa auf einem Seidenstoff gegen den Strich fuhr. Lyon vermutete also eine elektrische Aufladung und bestätigte sie durch Messung. Das Kind lag seit seiner Geburt in der Wiege auf einem an ein Wechselstromnetz angeschlossnen elektrischen Heizkissen, von dem es durch eine dicke Gummiunterlage getrennt war. Das Heizkissen wurde aber nur eingeschaltet, wenn das Kind nicht in der Wiege lag. Die Ausschaltung erfolgte, wie das üblich ist, durch einen einpoligen Schalter, so daß also diese Anordnung in der Kinderwiege einen Kondensator bildete, wobei die Metallteile des Heizkissens die eine, der leitende Körper des Kindes die andre Belegung war, während der Überzug des Kissens und die Gummiunterlage die isolierende Zwischenschicht darstellten. Die 6 Wochen lange Einwirkung der elektrischen Verschiebungsströme haben wahrscheinlich den Ausschlag hervorgerufen. Man kann sich das verschieden erklären. Es kann eine primäre elektrische Reizung der betreffenden Gewebeteile sein, oder elektrochemische Zersetzungen können indirekt die Wirkung hervorgerufen haben. In diesem letzten Falle wäre es verständlich, wenn grade stark

durchnäßte oder an ſich flüſſigkeitsreiche Teile beſonders empfindlich reagieren, ſelbſt dann, wenn ſie der Influenzwirkung durch die andre Belegung des Kondenſators nicht beſonders unterlagen, wie z. B. der auf der Gummiunterlage unmittelbar aufliegende Kinderrücken. Dieſer war aber von dem Ausſchlag verhältnismäßig am wenigſten betroffen. Will man die Influenzwirkung vermeiden, ſo empfiehlt es ſich, derartige Kiſſen mit zweipoligen Schaltern auszurüſten. Dabei bleibt immer noch die Influenzierung beim Gebrauch beſtehen, wenn jemand auf dem Kiſſen liegt. Wie das beſeitigt werden kann, iſt noch eine Aufgabe der Elektrotechnik.

Öltransformator mit Stickſtoffſchutz

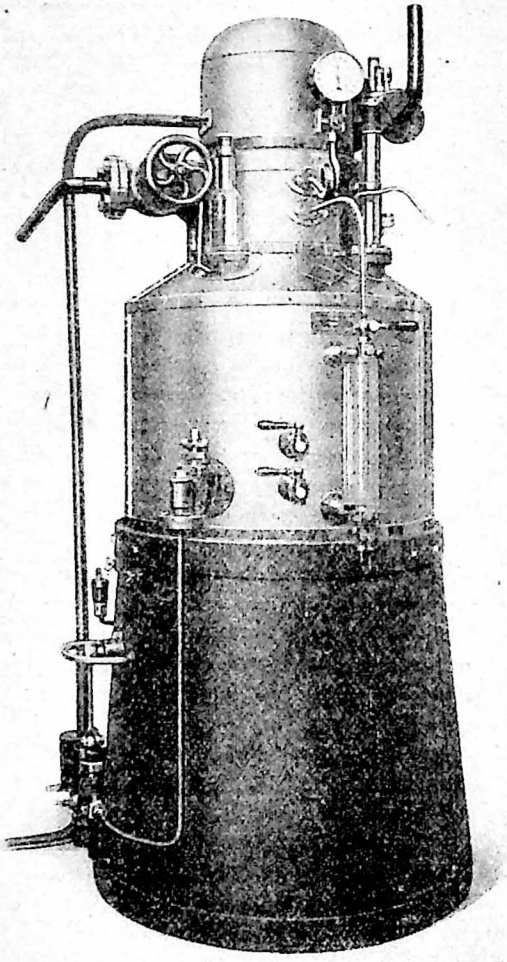
Um die Zerſetzung des Öls und die dadurch entſtehende Exploſionsgefahr wirkſam zu verhindern, füllt man neuerdings in Amerika den Keſſelraum von Transformatoren oberhalb des Ölſpiegels mit reinem Stickſtoff. Bei ſteigender Öltemperatur wird das Gas verdichtet und der erhöhte Druck auf ein mit der Außenluft in Verbindung ſtehendes U-Rohr übertragen. Bei einem beſtimmten Druck entweicht der Stickſtoff in Blaſenform aus dem äußern Schenkel des Rohres, während umgekehrt Luft eintreten kann, ſobald das Queckſilber im andern Rohrſchenkel hochſteht. Die durch ein hygroſkopiſches Salz getrocknete Luft wird dann durch einen reduzierenden Stoff von Sauerſtoff befreit und ergänzt den Stickſtoffvorrat. Der Transformator wird in der Weiſe in Betrieb geſetzt, daß der Keſſel vollſtändig mit Öl gefüllt und dann ſoviel Öl abgelaſſen wird, bis der vorgeſchriebne Ölſtand erreicht iſt. Der entſtehende luftleere Raum füllt ſich dann mit dem bereitgeſtellten reinen Stickſtoffgas.

Elektriſch beheizte Dampfkeſſel

Die Welt kehrt ſich um! Wir ſind ſeit langem gewohnt, Elektrizität aus Dampf zu erzeugen, aber Dampf aus Elektrizität iſt verkehrte Welt. Und doch. Während des Krieges ſind die Kohlen ſo teuer geworden, daß es ſich an vielen Stellen, wie z. B. in der Schweiz, lohnte, Dampfkeſſel mit aus Waſſerkraft gewonnener Elektrizität zu heizen. Zufällige Umſtände können eben herbeiführen, daß das Unwirtſchaftlichſte wirtſchaftlich wird.

In kleinem Maßſtabe benutzt man die Elektrizität zur Erzeugung von Dampf neuerdings in ſogenannten „Elektroden"-Dampfkeſſeln. Die Siemens-Schuckertwerke zeigten auf der Leipziger Herbſt-Meſſe 1923

einen ſolchen Keſſel für eine Leiſtungsaufnahme von 50 kW bei einer Spannung von 380 V Drehſtrom, der in der Stunde 65 Dampf zu erzeugen imſtande iſt. Dieſe Kleinkeſſel finden Verwendung für Webereien, Hutfabriken und ähnliche Fabrikationszweige, bei denen



Dampf in kleinen Mengen zum Dämpfen oder zum Beheizen von Matrizen gebraucht wird, und zwar in ſolchen Fällen, wo eine unmittelbare elektriſche Beheizung ſchwer oder gar nicht anwendbar iſt, und bei denen Dampfverbrauch und Betriebsweiſe eine Kohlenkeſſelanlage unwirtſchaftlich werden laſſen.

Mit großem Vorteil benutzt man solche elektrisch beheizten Kleinkessel auch dort, wo man elektrische Überschußenergie benutzen will. Auch als Beigabe im Gasgeneratorenprozeß kommt elektrisch erzeugter Dampf in Frage.

Unser Bild zeigt einen solchen Elektroden Dampfkessel, wie ihn die Siemens-Elektrowärme-Gesellschaft in Sörnewitz bei Meißen herstellt.

Hochfrequenz-Induktions- und Härteöfen

Zur Erzeugung von Reinmetall bei sehr hohen Temperaturen (über 2000 °), namentlich zum Schmelzen von Edelmetallen und deren Legierungen, ferner für Graphitisierungsöfen, zum Härten von Stahlklingen, Herstellung von widerstandsfähigen Gehäusen aus Gußeisen usw. kann mit Vorteil der Hochfrequenz-Induktionsofen angewendet werden, bei dem das Vorschmelzen wie beim gewöhnlichen Induktionsofen erfolgt und jede Verunreinigung des Metalls entfällt.

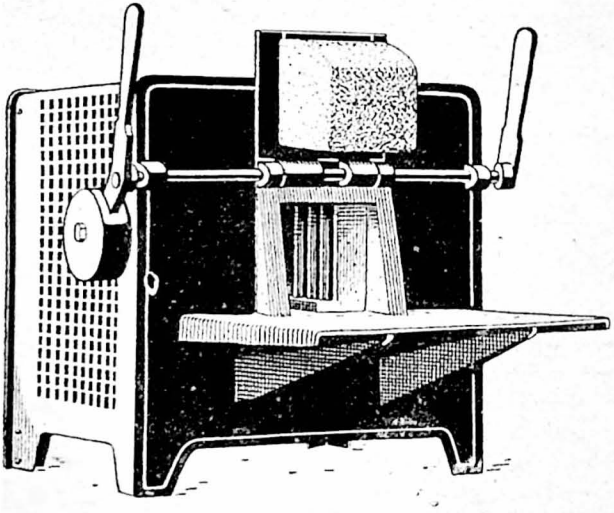
Der Ofen wird vorläufig nur in Größen bis zu 20 kW für jede Phase hergestellt und von einem Hochfrequenzgenerator für diese Leistung gespeist, der aus einem Oltransformator mit hohem induktivem Widerstand (Reaktanz), einem Satz statischer Kondensatoren und einer metallischen Entladestrecke besteht. Für höhere Leistungen bei 10000 bis 12000 Perioden in der Sekunde sollen Hochfrequenzmaschinen bis zu 200 oder 400 kW benutzt werden.

Ein 20 kW-Einphasenofen erfordert 12 Kondensatoreinheiten in Gruppenschaltung, bei Drehstromschaltung (60 kW) somit 36 Einheiten. Die Kosten dieser Einrichtung sollen 80 bis 90 % der vollständigen Ofenanlagen betragen. Die Induktionsspulen sind mit Wasserkühlung eingerichtet. Man benutzt diese Öfen zum Schmelzen von Gold, Platin oder Silber. Dafür erhält der Schmelztiegel ein basisches Ofenfutter. Für höhere Leistungen und Temperaturen (bis zu 2500°) wird der Ofen innen mit Graphit ausgekleidet und mit rechteckigem Querschnitt hergestellt. Für schwerere Betriebe, namentlich zum Härten von Drähten und Sägeblättern, sowie zur Wärmebehandlung von Maschinenbestandteilen, besonders Lokomotiv-Kolbenstangen und -kurbelwellen, ferner für Emaillieröfen werden in Amerika jetzt Muffelöfen mit Heizelementen aus Nickelchrom-Widerstandslegierungen benutzt. Die Ofenleistungen betragen bis zu 220 kW und die Temperaturen bis zu 1200 °. Die Heizelemente dieser Öfen sind in genutete Muffelplatten in der Ofenwand eingebettet und durch T-Träger an den Wänden und Decken aus feuerfesten Ziegeln befestigt. Zum Vorwärmen von Werkzeugstahl bei

geringeren Temperaturen (800°) werden Widerstandsöfen mit Salzbad und Kohlenelektroden benutzt, die von einem 30 bis 60 V-Transformator von 24 kVA Leistung gespeist werden. Die Temperatur kann nach der Menge des Salzbades (und der Ofenspannung) in wirtschaftlicher Weise leicht geregelt werden. Für höhere Temperaturen hat man versuchsweise Karborundumplatten als Widerstände bei Muffelöfen verwendet.

Elektrischer Glühofen für große Gußteile

Das Schenectady-Werk der General Electric Co hat vor einiger Zeit einen ungewöhnlich großen und leistungsfähigen Temperofen in Betrieb genommen, der zur Wärmebehandlung von großen Gehäuseteilen bis zu 38,5 t Gewicht dient und insbesondre innere Spannungen der Gußteile ausgleichen soll, die im Betriebe leicht zum Bruch führen könnten.



Elektro-Muffelofen
der Siemens-Elektrowärme-Gesellschaft

Der Ofen ist innen 4,5 m breit, 4,8 m lang und rd. 2,6 m hoch. Er kann 700 kW Gesamtleistung bei 550 V Drehstromspannung aufnehmen. Ein Stromkreis für 160 kW befindet sich an der leicht gewölbten Deckenfläche, ein zweiter an den Seitenflächen ist für 540 kW bemessen. Zur Erwärmung auf rund 540° dienen besondre Widerstandskörper aus Metallband. Tür und Boden sind fest miteinander verbunden und fahrbar angeordnet, so daß die Tür durch Aus- und Einfahren des Bodens geöffnet oder geschlossen wird. Der Ofen hat außerdem eine besondre Schaltung, die eine weitgehende Gleichmäßigkeit der Temperaturen über den ganzen Ofen hin verbürgt. Das ist zum Entfernen von Spannungen innerhalb der Gußstücke unbedingt erforderlich. Die Temperaturunterschiede im Ofen betragen nicht mehr als 5 Grad.

Elektro-Muffelofen

Es ist wohl selbstverständlich, daß man sich angesichts der Teuerkeit der elektrischen Stromheizung zuerst auf kleinere Heizungen beschränkt und diese Art der Wärmeerzeugung nur angewendet hat, wo die Stromkosten bei der geringen Menge der notwendigen Wärme keine Rolle spielen, oder wo es auf genaue Dosierung ankommt.

Man geht aber auch schon dazu über, größere Apparate elektrisch zu beheizen, selbst da, wo es sich nicht wie bei den elektrisch-beheizten Dampfkesseln um besondre Fälle mit außergewöhnlich gelagerten Verhältnissen handelt. Auf der Leipziger Herbstmesse von 1925 zeigte die Siemens-Elektrowärme-Gesellschaft, Sörnewitz bei Meißen, einen elektrisch geheizten Muffelofen größrer Abmessungen. Die Muffel hatte folgende lichte Maße: 60 cm breit, 45 cm hoch, 180 cm tief. Die Leistungsaufnahme beträgt 150 kW. Der Ofen eignet sich besonders zum Emaillieren größrer Gegenstände und zum Ausglühen von Drahtbündeln, während ein kleineres Modell aus den Muffelabmessungen 27×27×48 für Härten von Werkzeug bevorzugt wird. Das kleinste Modell, Muffelgröße 12×12×14, wird hauptsächlich für Laboratoriumzwecke benötigt.

Elektromagnetische Aufspannvorrichtungen

Aufspannen zu bearbeitender Stücke auf die Drehbank ist stets eine zeitraubende und oft eine sehr schwierige Arbeit. In dem Bestreben, sie zu erleichtern, ist in der letzten Zeit die Anwendung der elektromagnetischen Aufspannerei sehr in Aufnahme gekommen. Aber auch bei anderen Arbeiten hat sich diese Methode recht bewährt, von der Schleiferei ist sie sogar ausgegangen. Vor einiger Zeit ist von der Deutschen Maschinenfabrik in Duisburg eine Panzerplatten-Hobelmaschine mit elektromagnetischer Aufspannvorrichtung gebaut worden, die um so bemerkenswerter ist, als es sich hierbei um ganz außerordentlich schwere Arbeiten handelt. Bisher hat man das Aufspannen durch kräftige Bügel mit Schrauben oder durch Druckwasser betätigte Kolben besorgt. Beim Hobeln des Blechkanten und am Rande der Platten mag man sich damit ganz gut abfinden, in der Mitte jedoch beulen sich die Platten auf und man hobelt ungleichmäßig. Zu alledem hindern die bisher üblichen Mittel bei der Arbeit ganz außerordentlich. Beim elektromagnetischen Aufspannen fällt das ganz fort, weil die Aufspannung überall gleichmäßig festhält. Die fünf in der Mitte des Bettes liegenden und auf dessen Länge gleichmäßig

verteilten Magnete von je 18 000 bis 20 000 kg Zugkraft halten ganz gleichmäßig und lassen vorteilhafterweise die obere Arbeitsfläche ganz frei. Auch Nickelstahlplatten können, so lange der Nickelgehalt nicht zu hoch ist, festgespannt werden.

Die elektrische Aufspannerei, die sich nicht bloß bei den Fräsern, den Schleifmaschinen und den spahnabhebenden Maschinen eingeführt hat, brachte nun aber den Nachteil mit sich, daß die Werkzeuge wie auch die Werkstücke als magnetische Körper die Spähne mehr oder weniger festhalten und dadurch die Sauberkeit der Arbeit wesentlich beeinträchtigt wird. Ein neues Problem ist also aufgetreten, dessen man durchaus noch nicht Herr zu werden vermochte. Nur für Fräser ist bisher eine brauchbare Einrichtung auf den Markt gekommen, die das Werkzeug entmagnetisiert. Sie besteht aus einer den Fräser auf der Oberseite umfassenden Magnetspule, die mit Wechselstrom beschickt wird. Wechselstrom magnetisiert bekanntlich das Eisen abwechselnd nach der einen und der andern Richtung. Öffnet man den Strom, so bleibt kein nennenswerter magnetischer Rest übrig.

Heißwasserspeicher

dienen zur Erzeugung und Speicherung von Heizwasser und ermöglichen die Ausnutzung günstiger Nacht- und Stromtarife. Infolge von selbsttätigen Temperaturreglern wird nur die elektrische Arbeit aufgenommen, die zur Deckung der Wärmeverluste benötigt wird. Die Heißwasserspeicher sind für einen Inhalt von 15, 30 oder 100 l bemessen und haben bei einer Anheizzeit von 8 Stunden eine Leistungsaufnahme von 250, 650 oder 1200 Watt, so daß die Speicher ohne weitres an die gewöhnlichen Hausleitungen angeschlossen werden können.

Zur Ausnutzung günstiger Stromtarife und von Überschußenergie werden besonders in letzter Zeit vielfach Wärmespeicher für Raumheizungszwecke geliefert. Diese Speicher kommen sowohl in Wohn- wie auch in Geschäfts- oder Fabrikräumen zur Aufstellung. Es wurden in Leipzig zwei verschiedne Modelle gezeigt, und zwar ein kleiner runder 1 kW-Wärmespeicherofen und ein 3 kW-Ofen mit Doppelmantel. Dieser Doppelmantel ermöglicht eine regelbare Wärmeabgabe.

Lasthebemagnete

Allgemeines

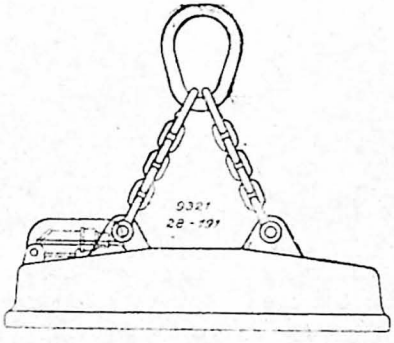
Um die Jahrhundertwende kamen die ersten Lasthebemagnete auf, sie waren unvollkommen, gestatteten aber zum ersten Male das Festhalten selbst schwerer Lasten ohne Haken und Schlingketten durch ein-

faches Schließen eines Schalters, das der Kranführer vom Führerstande aus bewerkstelligen konnte. Dadurch wurde die oft zahlreiche Bedienungsmannschaft zum Umschlingen, Anketten oder Einschaufeln des Fördergutes entbehrlich. Die erzielten Ersparnisse waren oft so groß, daß sich selbst diese unvollkommnen Magnete zuweilen in 2 bis 3 Monaten bezahlt machte.

Es war zu erwarten, daß man in der Folgezeit auf die Durchbildung eines so wertvollen Hilfsmittels besondre Sorgfalt verwenden würde. Die Urform mußte natürlich beibehalten werden, doch ließ sich die Leistungsfähigkeit erheblich steigern. Auch die Haltbarkeit wurde durch die Wahl geeigneter Grundstoffe und zweckentsprechender Bauweise sehr vergrößert.

Bauarten

Von einem guten Lasthebemagneten muß man verlangen, daß er eine große Hubkraft bei geringem Eigengewicht hat und gegen Witterungseinflüsse unempfindlich ist. Auch dürfen die durch das Aufsetzen auf die Last auftretenden Erschütterungen die Magnetspule nicht lockern. Wie diese Bedingungen erfüllt werden, soll an der verbreitetsten Form, dem flachen Rundmagneten mit vorstehendem Innenpol, bei dem der Außenrand den entgegengesetzten Pol bildet, gezeigt werden.



Lasthebemagnet

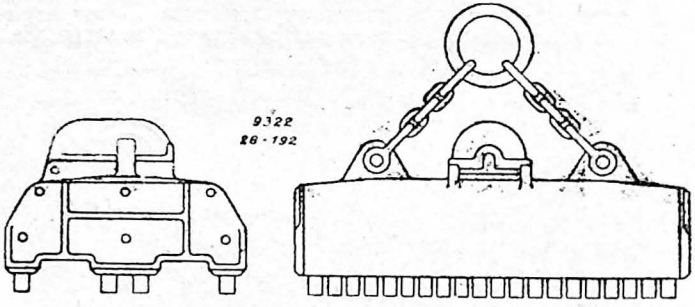
Das glockenförmige Magnetgehäuse ist aus Dynamostahl hergestellt und mit geeigneten Ösen zur Befestigung des Kettengehäuses versehen. Die Spulen des Magnetgehäuses müssen zur Erzielung der höchsten Leistung eine möglichst große Anzahl Windungen auf kleinstem Raume aufweisen und eine hohe Stromaufnahmefähigkeit haben. Da die durch den Strom entwickelte Wärme nur durch das glockenförmige Gehäuse hindurch nach außen geleitet werden kann, muß für eine gute Wärmeübertragung zwischen Spule und Glocke gesorgt werden. Zu dem Zwecke sind alle schädlichen Lufträume innerhalb des Magneten zu vermeiden. Die Spule muß unmittelbar an das Glockengehäuse schließen. Besondre Federn (Patent Demag) halten die Spule trotz der auftretenden Stöße in ihrer Lage, gestatten aber ihre Ausdehnung durch die Wärme. Bei der vielfach üblichen Befestigung der Spule durch Keile ist ein spätres Lockern unvermeidlich. Die Spule scheuert dann am Gehäuse, beschädigt die Isolation und ein baldiges Versagen des Magneten ist die Folge.

Um das Ein- und Ausbauen der Spule zu erleichtern, ist sie in einem besondren Spulenkasten untergebracht, der sie vor Beschädigung schützt.

Auf die Herstellung der Spulen, die auf Sondermaschinen gewickelt werden, ist große Sorgfalt zu verwenden. Um sie von jeder Feuchtigkeit zu befreien, wird die Spule in luftverdünntem Raume erwärmt, und unter hohem Druck mit einer geschmolznen Isoliermasse getränkt, die in alle Hohlräume eindringt, so daß die Spule beim Erkalten ein geschlossnes Ganzes bildet. Hierdurch wird vermieden, daß sich die Drahtwindungen bei den im Betriebe auftretenden Erschütterungen aneinander reiben. Die Tränkmasse erhöht zugleich die innere Isolation der Spule und erleichtert die Weiterleitung der in ihrem Innern erzeugten Wärme.

Kupfer- oder Aluminiumspulen

Da der Spulendraht eine hohe elektrische Leitfähigkeit haben muß, kommt nur Kupfer- oder Aluminiumdraht in Frage. Obgleich die Leitfähigkeit des Kupfers 50 % größer ist als die des Aluminiums, wird heute überwiegend Aluminiumdraht verwandt, um das Eigen-



Rechteckiger Lasthebemagnet

gewicht des Magneten zu verringern, der stets als tote Last mitgehoben werden muß. Von zwei Magneten mit gleichem Gesamtgewicht, also auch ungefähr gleichem Preise, ist der mit Aluminiumdrahtspule ausgerüstete der leichtere und damit bei weitem leistungsfähigere. Dazu sind die mechanischen Eigenschaften des Aluminiums denen des Kupfers gleichwertig, so daß eine Aluminiumspule auch in Bezug auf Betriebssicherheit einer Kupferspule nicht im geringsten nachsteht. Die Annahme, Aluminium sei ein durch Mangel an Kupfer herangezogner Ersatz, mag für Elektromotoren zutreffen, aber nicht für Lasthebemagnete. Die Verwendung von Aluminium ist vielmehr durch die Eigenart des Magnetbetriebes bedingt und so alt wie der Magnetbau selbst. Sogar der Einwand, die Verbindungsstellen der Aluminiumspulen seien minderwertig, trifft nicht mehr zu, da man heute Aluminium gut schweißen kann. In Deutschland hat man die Vorzüge der Aluminiumspulen klar erkannt und die meisten Magnete werden deswegen mit ihnen ausgerüstet.

Die Enden der Magnetspule werden zu einer geschützt liegenden Steckdose geleitet, an die ein Leitungskabel anschließt. Eine mit Schleifringen versehne Kabeltrommel hält mit einer in ihrem Innern untergebrachten Spannfeder das Kabel leicht gespannt und verhindert dessen Verwicklung mit der Last.

Steurung der Lasthebemagnete

Das Ein- und Ausschalten des Magneten geschieht durch einen Steuerschalter. Bei Blöcken, Knüppeln, dicken Blechen, oder ähnlichen schweren Vollkörpern genügt ein einfacher Ausschalter, da der nach dem Ausschalten zurückbleibende Magnetismus zu gering ist, um das sofortige Abfallen zu verhindern. Bei leichten Eisenteilen und bei Magneten mit hoher Stromaufnahme ist ein besondrer Anlaßkontroller vorzusehen, der einerseits durch Wechseln der Stromrichtung ein schnelleres Abwerfen der Last ermöglicht, andrerseits die beim Ausschalten großer Magnete auftretenden hohen Induktionsspannungen unterdrückt.

Für größre Magnete benutzt die Demag-Duisburg eine Schaltung, die es ermöglicht, den Magneten bei Aufsetzen auf das zu hebende Gut stärker zu erregen. Eine derartige anfängliche Übererregung ist beim unregelmäßig liegenden sich gegenseitig sperrenden Schrott, Masseln u. dgl. vorzuziehen, da zum Heranziehen der Gegenstände an die Pole des Magneten eine größere Anziehungskraft notwendig ist. Nach erfolgtem Anziehen genügt zum Festhalten eine stark verminderte Erregung. Bei der erwähnten Schaltung wird die zur Beförderung ausreichende Erregung durch eine Schütze mit Zeitrelais selbsttätig eingestellt. Man verhindert so eine übermäßige Erwärmung des Magneten, die eintreten würde, falls der Magnet dauernd mit der größten Erregung arbeitete.

Die wichtigsten Bauarten

a) Rundmagnete. Der Magnet hat, wie bereits erwähnt, die für allgemeine Zwecke geeignetste Form. Im Laufe der Zeit wurden außer dieser noch eine Anzahl Sonderformen gebaut, die auf den ersten Blick für die in Frage kommende Verwendungsart geeigneter erschienen. Heute werden vorwiegend zwei Arten gebaut, der Rundmagnet und der rechteckige Flachmagnet. Diese sucht man durch vollkommnere Durchbildung leistungsfähiger zu gestalten. Durch die Auswahl von nur zwei Arten wird die lohnendere Massenherstellung ermöglicht und damit ein geringerer Preis erzielt.

b) Rechteckige Magnete versieht die Demag-Duisburg mit beweglichen Polfingern (Patent). Diese Magnete eignen sich zum Heben und Stapeln von Knüppeln und Walzeisen in einer ihrer Polbreite entsprechenden Menge. Die Polfinger stellen sich dabei den kleinen Höhenunterschieden entsprechend ein. Bei langen Stäben benutzt man mehrere derartige Magnete, die man an einen Träger befestigt.

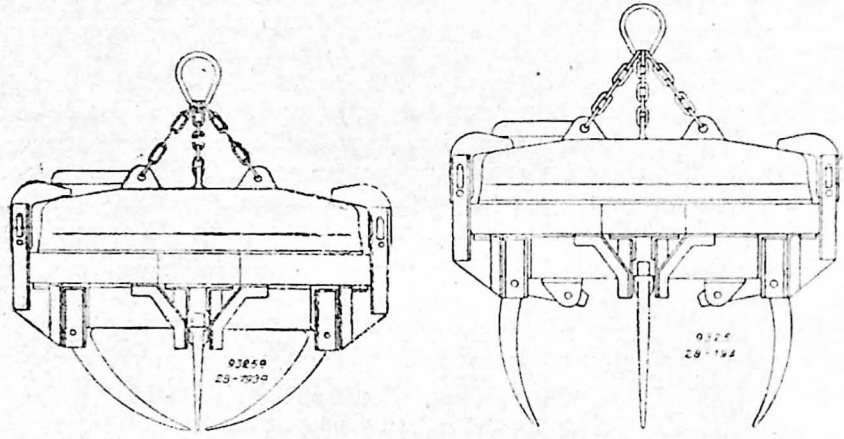
Die Tragfähigkeit des Magneten ist von der Art und Form des zu hebenden Gutes abhängig. Bei schweren Vollkörpern wie Blöcken

und starken Platten wird sie voll ausgenutzt. So ist ein normaler Rundmagnet von etwa 1500 mm Durchmesser imstande, eine 12 cm dicke Platte im Gewicht von 30000 kg zu heben. Er zieht aber nur etwa 700 bis 850 kg Gußspäne oder kleinstückigen Schrott an. Bei schmiedeeisernen Drehspänen und besonders sperrigem Schrott sinkt die Tragfähigkeit sogar auf 550 bis 500 kg also etwa $^1/_{70}$ der Höchstleistung. Um auch solchen Schrott billig verladen zu können, baut die Demag seit einiger Zeit einen elektromagnetischen Selbstgreifer.

Behandlung der Magnete

Über die Behandlung der Lasthebemagnete sei kurz folgendes bemerkt.

Beim Gebrauch ist darauf zu achten, daß der Magnet erst nach dem Aufsetzen auf die Last eingeschaltet wird. Er wird vorteilhaft so



Lasthebemagnet mit Polfingern

aufgesetzt, daß die Last mit der ganzen Polfläche berührt, also nicht hohl liegt, selbst wenn er dabei schräg hängt. Es ist durchaus nicht erforderlich, daß der Magnet immer auf die höchste Stelle des Stapels aufgesetzt wird. Will man das Fördergut zurechtrücken, so kann man den Magneten auch aus einer geringen Höhe auf die Last auffallen lassen, da ein stoßweises Aufsetzen des Magneten innerhalb gewisser Grenzen zulässig ist.

Lasthebemagnete dürfen nur mit den zugehörigen Anlassern ein- und ausgeschaltet werden. Alle sonstigen Stromunterbrechungen etwa durch Herausziehen des Steckkontaktes, Abreißen des beweglichen Kabels, Ausschalten des Hauptschalters oder Durchbrennen zu schwacher Sicherungen verursachen starkes Ausschaltfeuer und können ein Durchschlagen der Isolation der Magnetspule hervorrufen. Es müssen deswegen die Stromzuleitungseinrichtungen stets in einem solchem Zustande gehalten werden, daß ein unbeabsichtigtes Stromloswerden des

Magneten vermieden wird. Auch iſt darauf zu achten, daß die Hämmer des Anlaſſers gut aufliegen. Nach Gebrauch muß die Steckdoſe durch die Verſchlußklappe geſchloſſen werden, um Verunreinigungen und Feuchtigkeit fernzuhalten. Der Stecker darf immer nur ſtromlos ausgezogen werden, weil er ſonſt verbrennt.

Der Magnet muß ſtets ſchnell ein- und ausgeſchaltet werden. Will man, um das Abwerfen von leichtem Schrott zu beſchleunigen, Gegenſtrom geben, iſt der Anlaſſer in ſeine Nullſtellung und erſt nach einer Pauſe auf die entgegengeſetzte Seite zu drehen. Nachdem die Laſt abgeworfen iſt, ſchaltet man wieder auf die Nullſtellung zurück. Ständiges Gegenſtromſchalten iſt ſchädlich, namentlich wenn das Schalten ohne die erforderliche Pauſe erfolgt, was ſtreng zu vermeiden iſt. Auch darf der Magnet nie länger eingeſchaltet bleiben, als unbedingt erforderlich iſt, da er ſonſt zu ſtark erwärmt wird. Deswegen ſollten die Laſten nie längere Zeit freitragend gehalten werden. Bei ſehr angeſtrengtem Tag- und Nachtbetrieb empfiehlt es ſich, für jeden Kran mindeſtens zwei Magnete vorzuſehen, einen zum Arbeiten, den andern zum Abkühlen, und ſie bei jedem Schichtwechſel auszutauſchen.

Abgehängte Magnete ſollen nie unmittelbar auf dem Erdboden, ſondern ſo gelegt werden, daß ſie keine Feuchtigkeit anziehen können.

Anwendungsgebiete

Die Anwendung der Magnete iſt keineswegs auf elektriſche Krane beſchränkt. Auch bei Dampfkranen werden ſie immer häufiger angewandt. Der erforderliche Strom wird hierbei meiſt einer vorhandnen Leitung durch Kabel mit Steckkontakt entnommen.

Die größte Verbreitung haben Laſthebemagnete aber in Hochofen-, Stahl- und Walzwerken ſowie in Gießereien und Maſchinenfabriken gefunden. Beim Verladen von Schrott ſind ſie allen andern Hilfsmitteln überlegen. Das unregelmäßig geformte Gut wird leicht erfaßt und kann beträchtlich höher, oft bis zu 8 m, geſtapelt werden, gegen nur 3 m bei Handverladung; muß der Schrott zertrümmert werden, dient der Magnet gleichzeitig zum Anheben der Fallwerkskugeln. Da Hilfsarbeiter hierbei entbehrlich ſind, der Kranführer aber geſchützt ſteht, kann niemand durch umherfliegende Bruchſtücke verletzt werden. Sperriger Sammelſchrott, der zu Paketen gepreßt werden ſoll, wird der Preſſe durch einen Hebemagneten zugeführt, der gleichzeitig zum Stapeln des Schrottpakets dient.

Billiges Verladen von Roheiſenmaſſeln iſt erwiſenermaßen nur mit Hilfe von Hebemagneten möglich. Da der Magnet in einem Hube etwa 1 t Maſſeln hebt, kann ein 10 t-Wagen durch den Kranführer allein in 10 Minuten beladen werden. Die Wärme der Maſſeln hat wenig Einfluß auf die Leiſtungsfähigkeit, ſolange die Temperatur unter 400° bleibt.

Zum Verladen großer Bleche wendet man meiſt mehrere Rundmagnete an. An einem Träger befeſtigt, werden ſie über die Länge und

Breite der Blechtafel verteilt und verhindern so ein übermäßiges Durchhängen. Um das Abstürzen der Last bei Stromunterbrechung zu verhüten, versah man eine Zeit lang Hebemagnete mit den verschiedenartigsten Sicherheitsvorrichtungen, wie Fangarme, Sicherheitsketten oder selbsttätige Mitnehmer, deren Anwendung in gewissen Fällen geboten sein mag. Niemand würde daran heute denken, die Vorteile des Magnetbetriebes nicht voll auszunutzen, denn nur von wenigen Hilfsmitteln kann man das sagen, was man von dem Lasthebemagneten bestimmt weiß, daß er sich oft in wenigen Monaten bezahlt macht. Eine bessre Würdigung der zu erzielenden Vorteile würde dazu beitragen, ihn in vielen Betrieben einzuführen, die heute mit veralteten unzureichenden Hilfsmitteln arbeiten. Gar nicht zu reden von der Handverladung, die heute derart teuer ist, daß sie das Gedeihen eines Unternehmens in Frage stellen kann. Hat doch die Erfahrung gelehrt, daß selbst ostasiatische Betriebe, deren Kulis die billigsten und willigsten Arbeiter der Welt sind, durch die Anwendung von Lasthebemagneten Ersparnisse erzielten.

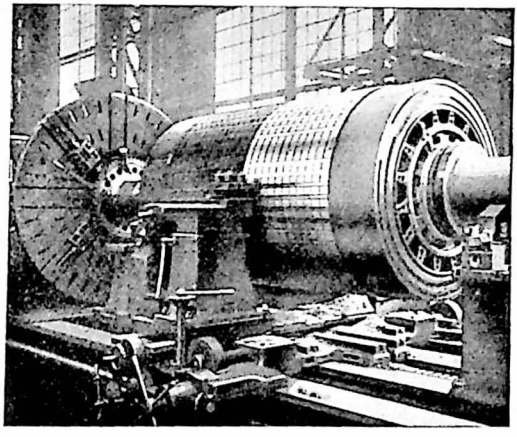
60000 Kilovoltamperes!

Die größte Dynamo der Erde

Wie die Bäume, so wachsen auch die elektrischen Maschinen nicht in den Himmel. Man möchte gemeinhin denken, daß es nicht schwer fallen dürfte, jede Maschine und jeden Apparat ins Riesenhafte beliebig zu steigern. Aber das ist nicht der Fall. Ebensowenig wie man auf der Erde Tiere beliebiger Größe kennt, Tiere, gegen die etwa unsere Elefanten nur Mücken wären, so darf man auch nicht erwarten, daß man jede Maschine so groß machen kann, wie man will. Der verhundertfachte Elefant könnte sich nicht bewegen, er würde überhaupt nicht bestehen können, weil die Baustoffe, aus denen sich sein Körper zusammensetzt, zu schwach wären. Die Knochen würden die riesigen Körperteile nicht zu tragen vermögen und das Fleisch würde zerreißen und in Fetzen herabfallen. Daher hat die Natur so große Tiere auf der Erde nicht hervorgebracht. Für die irdischen Bauwerke sind wir allerdings noch lange nicht an der Grenze angelangt, wobei die Stoffestigkeit versagen würde. Wir kennen nur einen Fall, wo die Grenze erreicht ist, nämlich bei der Tiefseelotung, weil die Länge der Lotleine so groß werden kann, daß die sogenannte Reißlänge überschritten ist. Unter Reißlänge versteht man diejenige Länge eines Fadens, bei der dieser unter der Schwere seines eignen Gewichts zerreißt. Aber wenn wir in die Höhe bauen, so kennen wir solche Grenzen nicht. Anders ist's jedoch wieder bei Maschinen, die nicht bloß stillstehen, sondern in denen Teile sich bewegen, drehen usw. Da kommt es vor, daß die Grenze erreicht wird. Namentlich in den letzten Jahren sind die Größen der elektrischen Maschinen gewaltig ge-

ſtiegen. Galt noch vor 20 Jahren ſelbſt für Turbogeneratoren eine Maſchine von 10000 kW als rieſig, ſo iſt man jetzt weit darüber hinausgegangen.

Im Jahre 1916 wurde den Siemens-Schuckert-Werken der Auftrag erteilt, einen Drehſtrom-Turbogenerator für 60000 kVA Dauerleiſtung bei 6600/7000 V Generatorſpannung und 1000 Umdrehungen in der Minute in Ausführung zu nehmen. Für das gleiche Kraftwerk waren von dieſen Werken zwei Jahre früher bereits Einheiten der gleichen Drehzahl mit 21500 kVA Normalleiſtung geliefert worden. Es handelte ſich bei dem neuen Generator um einen Leiſtungsſprung, der zu ganz außerordentlichen Maſchinenabmeſſungen führte und den Konſtrukteur vor eine Aufgabe ſtellte, die außerhalb des Rahmens bekannter Ausführungen lag. Die Aufgabe war beſonders erſchwert, weil vom Beſteller die Forderung erhoben wurde, der vollſtändige Generator ſolle gegen die gleiche Einheit einer andern Firma mechaniſch und elektriſch austauſchbar, das heißt zum Aufbau auf derſelben Grundplatte geeignet. Außerdem wurde gewünſcht, daß die mechaniſche Ausführung einer Überdrehzahl bis zur 1,5 fachen Normalumlaufzahl gewachſen ſein ſollte. Die Abmeſſungen der für den Verſand in Frage kommenden Einzelteile erreichten die äußerſte Grenze der von der Bahn zugelaſſnen Ladegewichte und Profile.



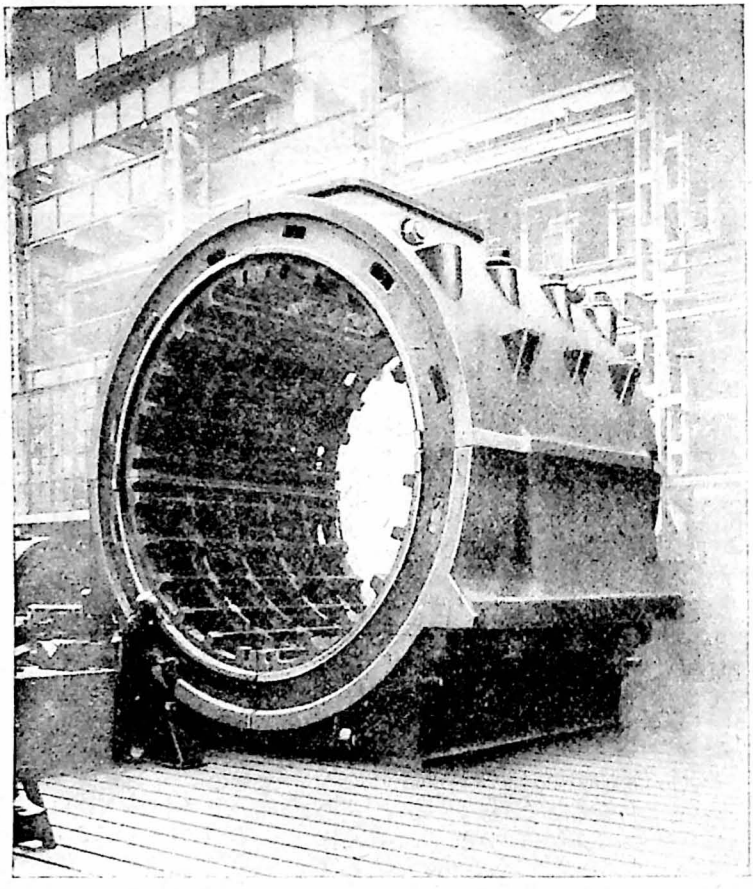
Der Läufer auf der Drehbank

Wegen der außerordentlichen Knappheit an hochwertigen Stahlſorten, dem Mangel an eingearbeiteten Arbeitskräften und der höchſten Überlaſtung durch Aufträge auf Kriegsgerät gelang es erſt nach vielerlei Mühen, von den Hüttenwerken geeignete Baustoffe zu erhalten. Es bedurfte vieler Überlegung, um bei dem Mangel an Veredlungsſtoffen wie Nickel und Mangan, Baustoffe von ausreichender Güte für die hohen Beanſpruchungen der umlaufenden Teile zu finden. Bekanntlich durften größre Mengen von hochwertigem Konſtruktionsſtahl nur für unmittelbare Kriegslieferungen hergegeben werden.

Der mechaniſche und elektriſche Aufbau der Maſchine

Der mechaniſche Aufbau der Maſchine iſt aus dem Schnitt (S. 392/3) erſichtlich. Eine durchgehende Welle, von einem größten Durchmeſſer

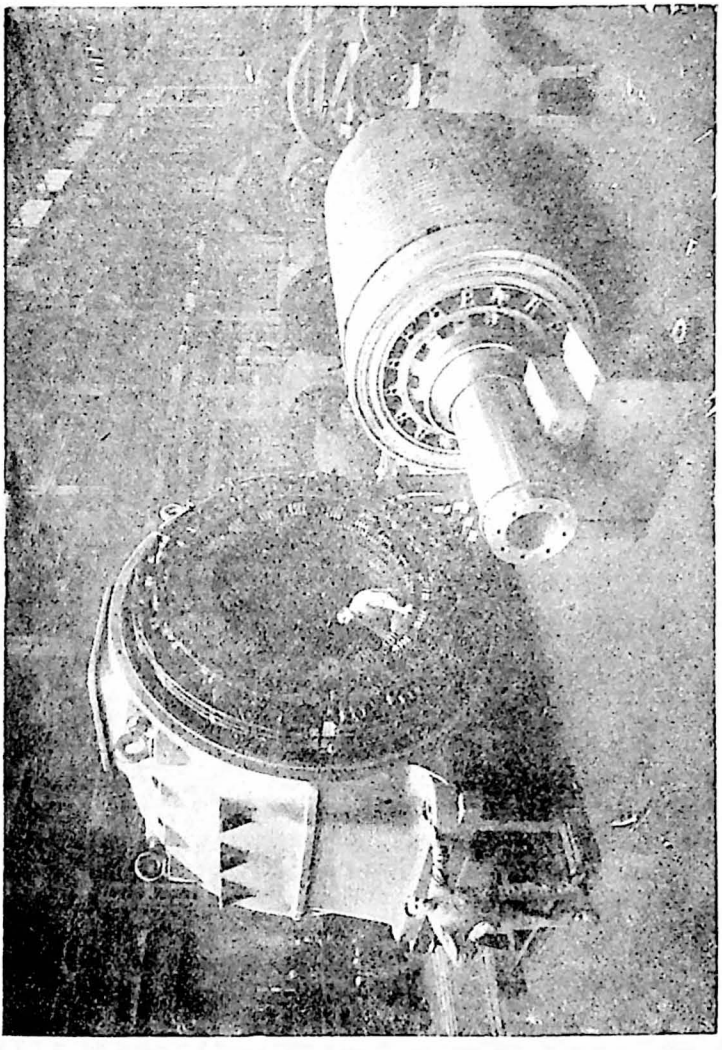
= 1100 mm, einer Gesamtlänge von 8700 mm und einem Gewicht von 36 000 kg dient als Träger für die das wirksame Läufereisen bildenden 26 Stück Läuferplatten von etwa 2,5 m äußerm Durchmesser und einer größten Dicke von 120 mm. Jede der mittleren Läuferplatten wog vorgedreht etwa 2200 kg, die beiden etwas dickeren



Das Ständergehäuse

Endplatten unter den gleichen Verhältnissen je 3350 kg. Das Gewicht der sämtlichen Platten ohne Berücksichtigung des Abfalls durch Verschmieden und Bearbeitung betrug daher rund 60 000 kg. Dem Entwurf war ursprünglich der beste für derartige Platten geeignete Baustoff zugrunde gelegt, nämlich Nickelstahl mit 2 bis 3% Nickelgehalt. Dieser bietet sowohl hervorragende Festigkeitseigenschaften wie auch ausreichende Magnetisierbarkeit. Leider stellte sich bei den Ver-

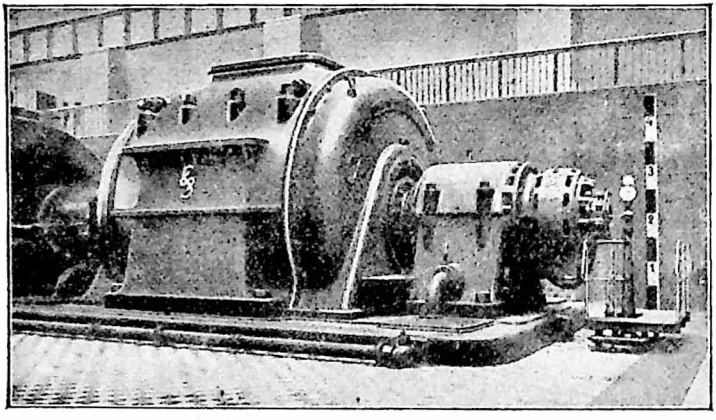
handlungen mit den Stahlwerken heraus, daß die behördliche Freigabe und die Beschaffung dieses Baustoffs in der benötigten Menge gänzlich ausgeschlossen war. Es kam dabei nicht bloß das Gewicht der Platten laut Fertigzeichnung in Frage, sondern es hätte den Werken



Ständer und Läufer fertig gewickelt

die gesamte den Rohblöcken entsprechende Nickelmenge, d. h. ungefähr das Dreifache der im Fertiggewicht enthaltnen Nickelmenge (etwa 5000 kg) zur Verfügung gestellt werden müssen. Für diese bedeutenden Mengen ist trotz aller Bemühungen bei der damaligen Kriegslage die Freigabe nicht zu erlangen gewesen. So mußte das Werk not-

gedrungen vom Nickelstahl ganz absehen und zu nickelfreiem Ersatz übergehen. Bei diesem lag die Schwierigkeit darin, die erforderliche hohe Festigkeit und Zähigkeit zu erreichen. Es gelang, vergüteten Spezialstahl mit den erforderlichen Güteziffern zu erhalten. Die Platten wurden zunächst in sorgfältigster Weise über dem Dorn in radialer Richtung nach Art der Radreifen verschmiedet und dann allmählich achsial auf den vollen Durchmesser ausgeschmiedet. Nach dem Vorschruppen wurden sie in Öl vergütet. Zur Entnahme von Proben wurden an sämtlichen Platten Proberinge stehen gelassen, und zwar sowohl am Außenrande wie am Innenrande. Für die Zerreißversuche wurden daraus Probestücke nach freiem Ermessen ausgewählt und mit Hilfe einer Präzisionszerreißmaschine von Amsler-Laffon mit Pendelmanometer und Diagrammschreibvorrichtung untersucht. Die tangentiale Spannung am inneren Rande der Plattenbohrung war unter Berück-

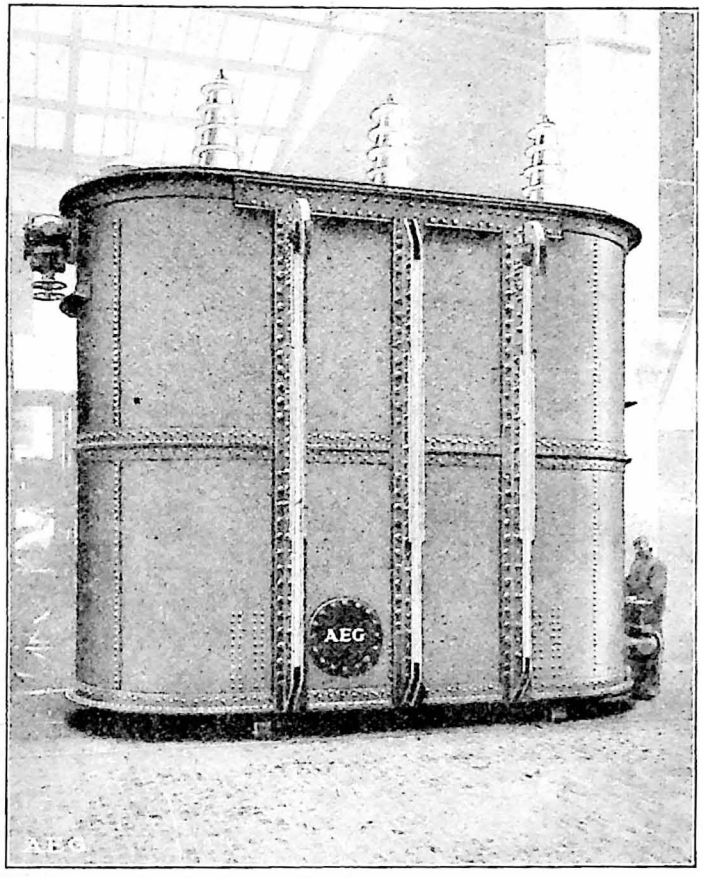


Die fertige Maschine im Goldenberg-Werk

sichtigung der aus Gründen der Gewichtsverminderung gewählten Querschnittsgestaltung und des erforderlichen Montierungsdrucks errechnet. Sie liegt bei 1,5 facher Drehzahl unter der festgestellten Streckgrenze.

Es ist bemerkenswert, daß etwa 15 000 Löcher für die Ventilation zu bohren waren. Der gesamte Abfall, der bei der Bearbeitung der Läuferplatten zu bewältigen war, hatte ein Gewicht von 21 500 kg. Zum Aufschrumpfen der Platten mußte die schwere Welle senkrecht gestellt werden, um die mittels mehrerer Gasschlangen auf genaue Temperatur angewärmten, flachliegenden Platten mit dem Werkstattkran aufbringen zu können. Für das Niederlegen des nach dem Aufschrumpfen etwa 76 000 kg schweren Läufers waren besonders kräftige Hilfseinrichtungen erforderlich, die natürlich eigens erst geschaffen werden mußten. Für die Aufnahme der rund 11 000 kg schweren Läuferwicklung aus Kupfer sind 48 ausgehobelte Nuten am Umfang vorhanden, die durch kräftige Metallkeile verschlossen sind.

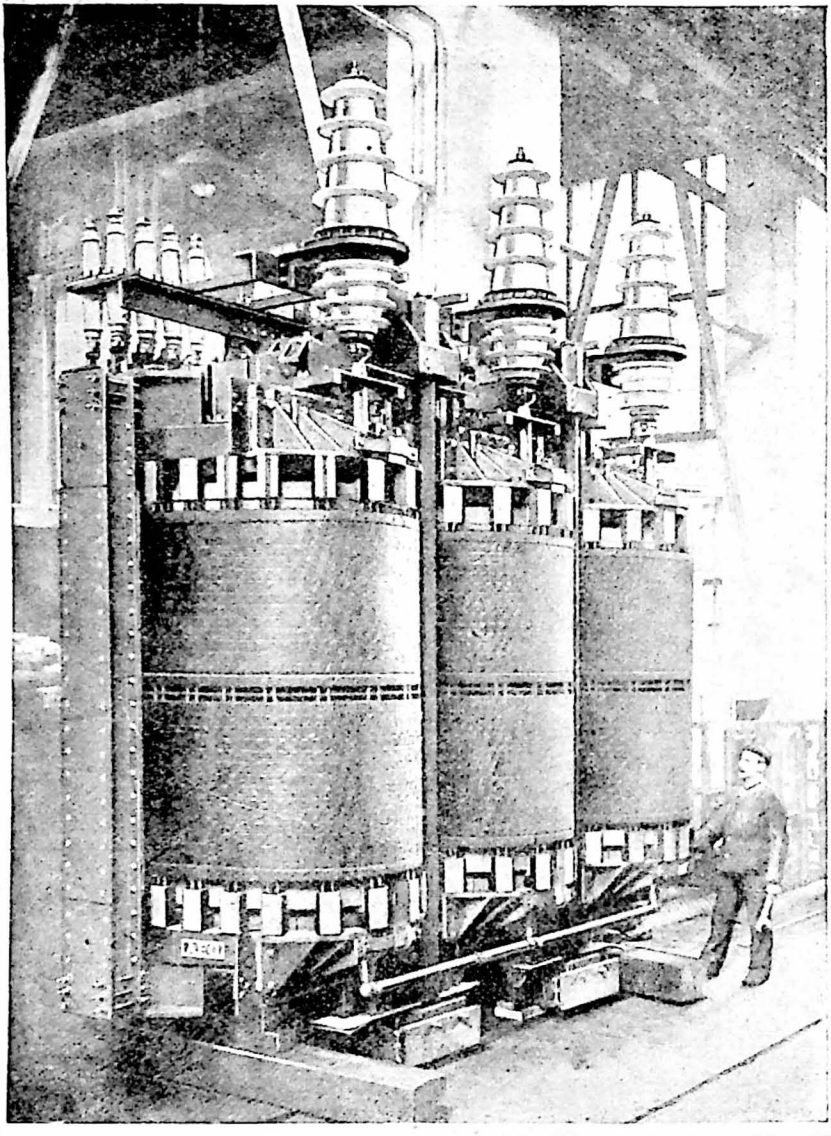
Die Isolation der Spulen bildet Glimmer. Die freiliegenden Wicklungsköpfe des Läufers sind durch aufgeschrumpfte Kappen aus bestem Chromnickelstahl gesichert, die in Öl vergütet wurden. Das Gewicht der beiden Läuferkappen beträgt 5000 kg; sie sind durch speicherartige Kappenstützen aus Stahlguß zentriert und stützen sich nach dem Läufereisen zu auf Ansätzen der Läuferzähne ab.



Der 60000 kVA-Transformator der AEG

Es bedurfte besondrer Einrichtungen, um die erforderlichen Ventilationsquerschnitte im Läufer zu schaffen und die Kühlluft in die Nähe der Wärmequellen zu bringen. Der Läufer ventiliert sich selbst durch die als Ventilationsflügel wirkenden durchlaufenden Wicklungsspulen. Die Luft tritt durch ausgefräste Nuten in der Welle zu den einzelnen, durch Abstände zwischen den einzelnen Platten gebildeten Läuferschlitzen. Außerdem sind die Zähne des aktiven Läufereisens

mit Durchbohrungen versehen, so daß die im Bereiche der Wicklungsköpfe eintretende Kühlluft das ganze Läuferinnere in wirksamster



Kerne und Wicklungen des 60 000 kVA-Transformators

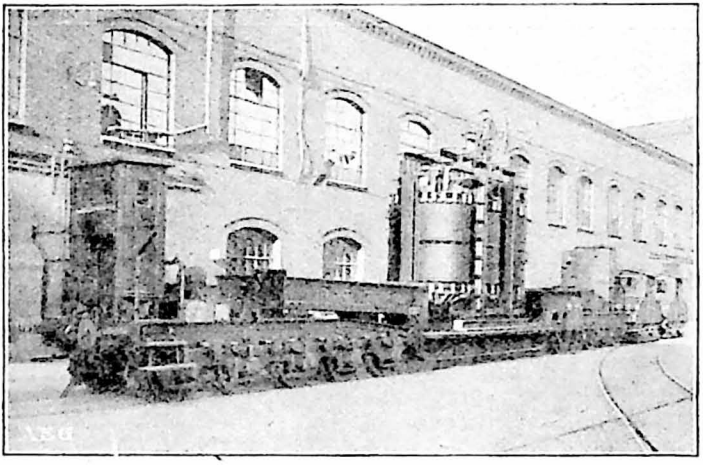
Weise bespülen kann. Die Spulenbefestigungsteile sind so ausgebildet, daß in der Nähe des Zahnkopfes eine ausreichende besondere Ventilation ermöglicht wird. Zu beiden Seiten des Läufers sind

Schleifringe aus Stahl für den Erregerstrom von etwa 1000 Ampères aufgesetzt.

Das Gewicht des fertigen Läufers beträgt 104 000 kg. Die Lager sind daher mit je 52 000 kg belastet, bei einer Zapfengeschwindigkeit von 31,4 m/sec.

Die kritische Drehzahl des Läufers liegt über der Betriebsdrehzahl.

Die Welle wird durch eine angeschmiedete Kupplung starr mit der Turbine verbunden. Um das Läufergewicht herabzusetzen, ist die Welle mit einer durchgehenden Bohrung von 500 mm Durchmesser versehen worden. Das Schwungmoment des vollständigen Läufers beträgt 550 000 kg/m², das ergibt bei der normalen Um-



Der Versand des Transformators auf einem 10achsigen Spezialwagen

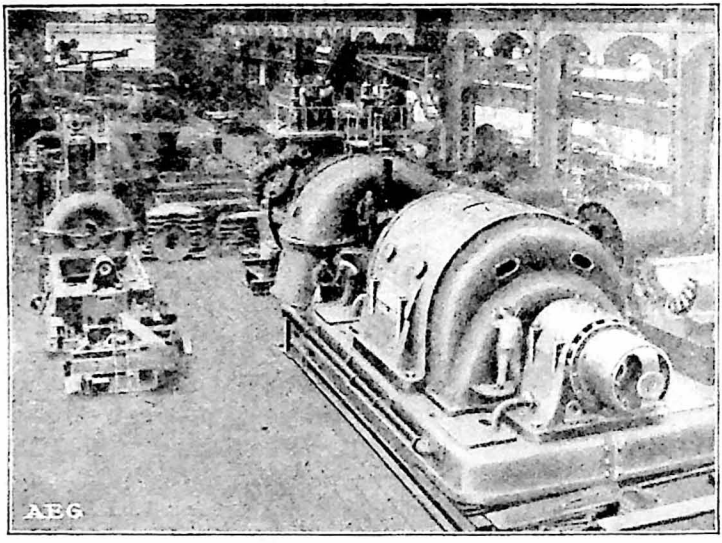
laufszahl von 1000 in der Minute ein Arbeitsvermögen von 46000 mt = 452 000 kW = 614 000 PSs.

Besondre Einrichtungen waren erforderlich, um den Körper von beinahe 2500 mm Außendurchmesser, einer gesamten Baulänge von etwa 8700 mm und 104000 kg Gewicht zu bearbeiten und zu befördern. Der Besteller mußte für den schweren Läufer einen Sonderwagen für 105000 kg Traglast eigens bauen lassen (Transportgewicht einschließlich Sonderwagen = 150 t).

Um den Läufer auf 1000 Umdrehungen zu bringen, waren etwa 25 Minuten Anfahrzeit erforderlich bei einer Antriebsleistung von 800 kW einschließlich Beschleunigungsarbeit. Bei einer Drehzahlsteigerung um 25 v. H. betrug die Antriebsleistung bereits 1420 kW. Eins unsrer Bilder zeigt den Läufer während der Versuche im Prüffeld des Dynamowerks. Die Erregermaschine für 220 V und 1000 A ist an die Generatorwelle in fliegender Anordnung angeflanscht

und entspricht im Aufbau den üblichen Ausführungen mittlerer Gleichstrommaschinen.

Bemerkenswerte Größenverhältnisse hat auch der Ständer des Generators aufzuweisen. Das aktive Eisen wurde in der bekannten Art aus hochlegierten Blechen geschichtet und durch kräftige Bolzen zusammengehalten. Es hat das ansehnliche Gewicht von 63 500 kg. Um dieses Blechpaket mit einem Außendurchmesser von etwa 3,5 m zu stützen, war ein Gußgehäuse von rund 45 000 kg Gewicht erforderlich. Mit Rücksicht auf den Eisenbahntransport mußte eine vierteilige Ausführung des Ständers gewählt werden. Die durch wagrechte und senkrechte Teilfugen getrennten Teile werden durch kräftige, mit Rücksicht auf die Luftführung im Ständerrücken durch-



Turbodynamo der AEG von 60 000 kVA Leistung

laufende Verbindungsbolzen zusammengehalten. Die Kühlung des Ständers erfordert 45 cbm Frischluft in der Sekunde. Die Ventilation ist die bekannte achsialradiale mit der Neuerung, daß mit Rücksicht auf die außerordentliche Länge des Ständereisens von 3 m außer den von beiden Stirnseiten zugeführten Hauptkühlluftströmen noch eine besondre Belüftung im mittlern Teile des Ständerrückens vorgesehen ist. Die Kühlluft tritt durch etwa 400 Löcher in das Blechpaket achsial ein, strömt durch die Radialschlitze und dann über den Rücken des Blechkörpers nach dem untern Abluftstutzen des Gehäuses ab. Die Nutenleiter werden innerhalb des Eisens durch im Querschnitt reichlich bemessne Lüftungskanäle über den Ständernuten sehr wirksam gekühlt.

Vom Besteller wurde gewünscht, daß der Generator mit Fremdlüftung arbeiten soll. Zu diesem Zwecke ist eine reichlich bemessne Belüftungsanlage aufgestellt worden, deren Ventilator sekundlich etwa 60 cbm Reinluft bei 250 mm Wassersäulen-Überdruck dem Generator zudrücken kann. Es bestanden keine Schwierigkeiten, die Maschine mit Eigenbelüftung durch zu beiden Seiten des Läufers angebaute Schleuderräder zu versehen.

Das Gewicht des vollständigen Ständers beträgt 145 000 kg. Zur Ständerwicklung waren rund 10 000 kg Kupfer erforderlich. Die Wicklung ist als einfache Stabwicklung mit unterteilten Nutenleitern und massiven Verbindungsbügeln am Wicklungskopf ausgeführt. Die Isolierung besteht aus Preßglimmer.

Bei der hohen Beanspruchung mußte besondere Sorgfalt auf eine ganz sichre Versteifung aller Wicklungsteile verwendet werden. Die im Sommer 1918 mit voller Spannung durchgeführten Kurzschlüsse zur Erprobung des zugehörigen druckfesten Schalters waren nicht imstande, die geringste Formänderung der Wicklungsteile herbeizuführen. Dabei ist die Anordnung der Wicklung äußerst übersichtlich und für eine Reinigung oder Überholung — worunter man die genaue Durchsicht und Instandsetzung einer Anlage versteht — leicht zugänglich gehalten. Die Vierteile des Ständergehäuses wurden fertig mit eingebrachter Wicklung zum Versand gebracht. Die fertig an Ort und Stelle stehende Maschine macht im Bilde nicht den gewaltigen Eindruck, unter den sie den Techniker zwingt. Maschinen so ungeheurer Leistung sind in ihrem Aufbau eben so konzentriert, daß in verhältnismäßig kleinem Kubus eine ganz gewaltige Masse konstruktive Einzelheiten untergebracht sind. Die kleine Luftmasse im Innern der Maschine ist ganz verschwindend. Es zeugt von einer gewaltigen Leistung des Geistes, solche Maschinen so kompakt zu bauen, daß fast der gesamte Raum von konstruktiv richtig gelagerter notwendiger Masse eingenommen wird.

Der größte Transformator

Der Ruhm der Riesenmaschine ließ die „Konkurrenz" nicht schlafen. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin baute einen Transformator für die gleiche Leistung wie die eben beschriebne Dynamo. Vor dem Krieg waren die größten in der Hochspannungsfabrik der AEG ausgeführten Transformatoren für eine Leistung von 12000 kVA, der im Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk, und für 14000 kVA, der im Gersteinwerk aufgestellt wurde. Im Anfang des Krieges wurden für die Elektrowerke Zschornewitz Transformatoren für 22000 kVA ausgeführt. Nachdem wurde dann der Riesentransformator für 60000 kVA gebaut, dessen Spannung auf der Oberspannungsseite 110 000 Volt, auf der Unterspannungsseite 4×6250 Volt beträgt. Er ist zweimal ausgeführt worden, und beide Apparate fanden im Goldenbergwerk der Rheinisch-Westfälischen

Elektrizitätswerke Aufstellung. Dort wurden sie mit zwei Turbinen für 50000 kW elektrisch gekuppelt, die von der Turbinenfabrik der AEG gebaut werden.

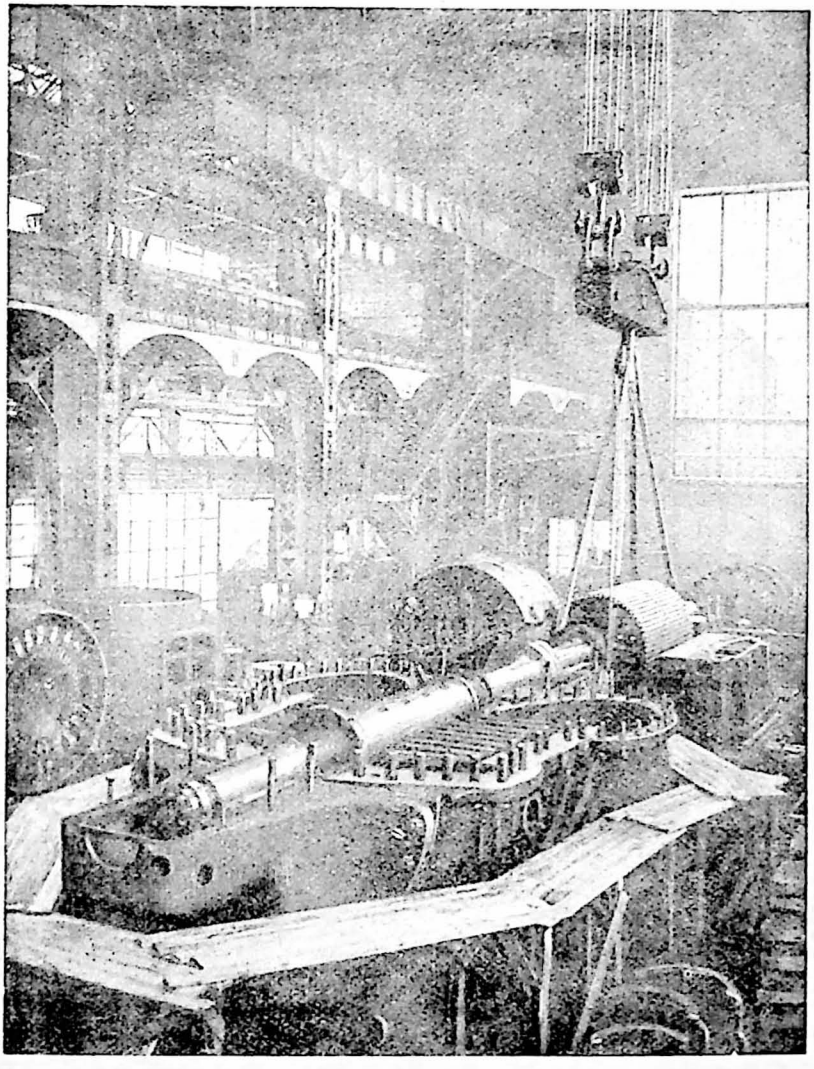
Dieser Riesenapparat, den einige Bilder zeigen, wiegt 116000 kg. Davon entfallen auf den bewickelten Kern 66000 kg, den Kasten 15000 kg, das Öl 3500 kg. Die Höhe vom Boden bis zur Spitze der 110000 Volt-Isolatoren ist 5,25 m, die Grundfläche 5,5 × 2,54 m. Der Eisenkern ist aus legierten Blechen von 0,3 mm Stärke hergestellt, deren Gewicht rund 40000 kg beträgt. Legt man die Bleche der Länge l nacheinander, so ergibt sich eine Strecke von rund 43 km, also gleich der Entfernung von Berlin nach Eberswalde.

Die drei Schenkel des Kerns und natürlich auch die Wicklungen haben elliptischen Querschnitt. Die Wicklung selbst ist gegenüber dem Gewicht des Ganzen außerordentlich leicht, denn sie wiegt nur 4000 kg. Der Grund dafür ist, daß sie aus Aluminiumdraht hergestellt ist. Die Länge des aufgewickelten Drahtes beträgt rund 8 km. Die Wicklung für 110000 Volt besteht aus schmalen elliptischen Spulen, von denen eine große Zahl auf jedem Kern vorhanden ist. Sie sitzen zwischen zwei Niederspannungsspulen-Gruppen, deren jede aus zwei Einzelspulen besteht, so daß die Unterspannungswicklung bei Parallelschaltung aller vier Spulen für 6250 Volt, bei Serienschaltung für 25000 Volt benutzt werden kann. Die äußern Niederspannungsspulen sind auf dem zweiten Bilde des Transformators sichtbar; dort ist auch der fertige Kern des Transformators zu sehen. Die Isolation des Transformators besteht aus Gear-Masse, die in einer Spezialwerkstätte der Hochspannungsfabrik hergestellt wird.

Bei der Prüfung ergab sich der Verlust im Eisenkern 126 kW, der Verlust in der warmen Aluminiumwicklung 434 kW, der Gesamtverlust mithin 560 kW. Ein Pferd also arbeitet ständig nur für die Verluste, die hauptsächlich in Form von Wärme nach außen abgeleitet werden müssen. Trotz der Größe dieses Verlustes arbeitet der Apparat dennoch mit 99,07 % Wirkungsgrad, d. h. noch nicht 1% der hineingesteckten Energie geht verloren! Die genannten Verluste werden zum größten Teil durch die Kühlung aufgenommen. Das geschieht so, daß vom Kasten des Transformators eine Rohrleitung nach einer Kühlschlange geht, die in einem Wasserbassin liegt. Eine Pumpe, die 2250 l in der Minute fördert, sorgt dafür, daß das Öl ständig zwischen dem Transformatorkasten und der Kühlschlange zirkuliert. Diese Art der Kühlung hat den Vorzug, daß das Öl in der Schlange unter höherm Druck steht als das Wasser, so daß bei einer etwaigen Undichtigkeit der Schlange kein Wasser ins Öl kommen kann, denn das würde sogleich zum Durchbrennen der Wicklung Anlaß geben und auch die Generatoren gefährden.

Wegen der gewaltigen Ausmaße konnte der Transformator natürlich nicht im Kasten versandt werden; zum Transport diente viel-

mehr ein 10achsiger Spezialwagen. Unser Bild (S. 387) zeigt den Kern des Transformators auf diesem Wagen kurz vor der Verpackung.

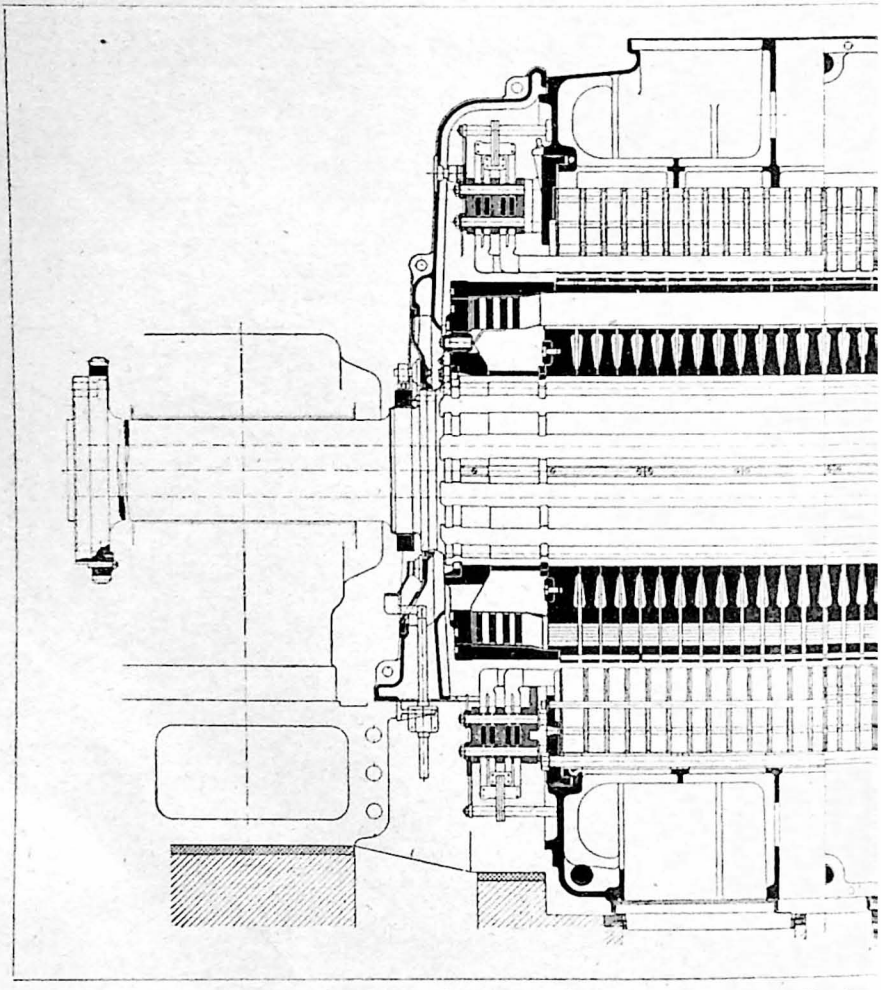


Turbinen- und Dynamo-Unterteil mit Welle und Läufer

Die riesigen Maschinen funktionierten nach ihrem Einbau ohne Störung. Das bedeutet angesichts des Überschreitens der bis dahin gewohnten Maße im Bau solcher Maschinen einen ungeahnten Fortschritt und technische Leistung allerersten Ranges, die für die Leistungsfähigkeit der Baufirmen das glänzendste Zeugnis ablegen.

Die Dynamo der „Konkurrenz“

Auch die AEG hat eine 60 000 kVA-Turbodynamo hergestellt. Die Einheitsleistung der Maschine beträgt 75 000 Pferdestärken bei 1000 Umdrehungen in der Minute. Die Stromspannung ist 7000 Volt Drehstrom bei 220 Volt Erregung. Die Turbinen sind

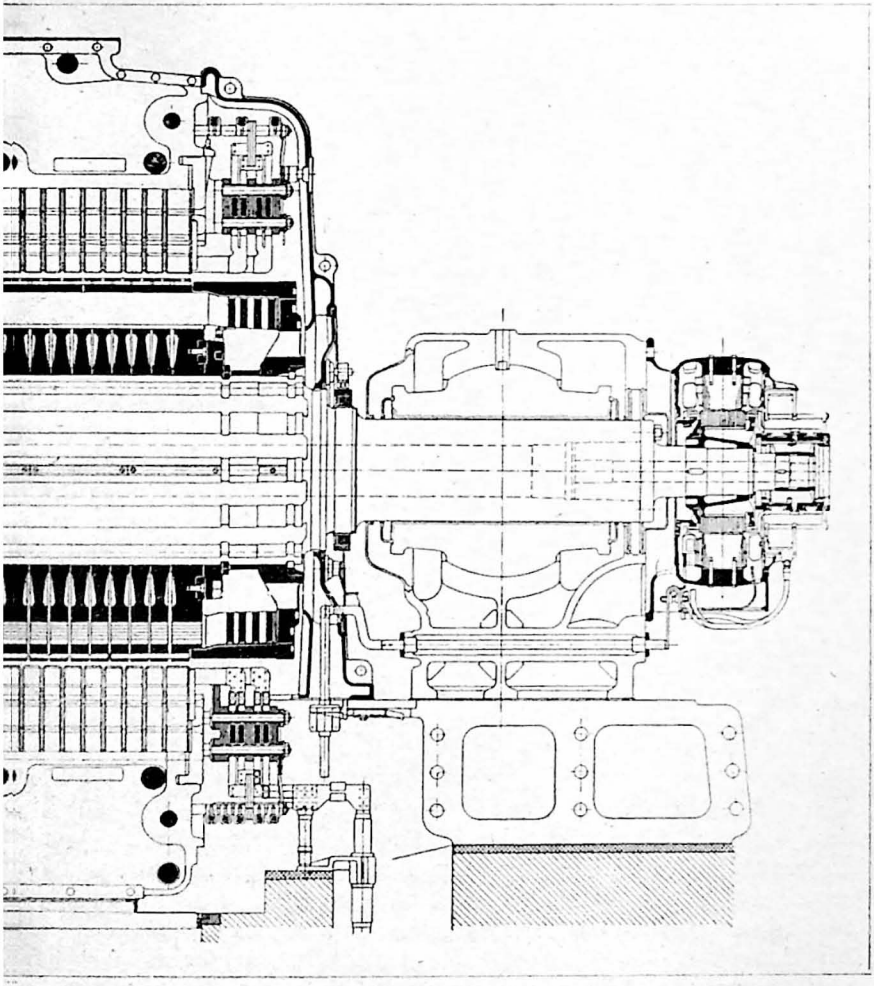


Längsschnitt durch die 60 000 kVA-Dyn

für 12 Atmosphären Überdruck, 325° Dampf- und 27° Kühlwassertemperatur. Sowohl die gesamte Turbinen- wie auch die gesamte elektrische Leistung wird nicht, wie es bei den übrigen nennenswerten kleineren Maschinen größerer Leistung amerikanischer und englischer Firmen der Fall war, in geteilten Gehäusen erzeugt, sondern ein

einziges Turbinengehäuse und eine einzige Dynamo liefert hier wie bei der Siemens-Maschine die Gesamtleistung. Das Gewicht der Turbine beträgt 250 t, wobei der Turbinenrotor allein 49 t wiegt. Das Gewicht der Dynamo beträgt 225 t, des Dynamorotors allein 106 t.

Die Kondensatoren, von denen pro Maschine zwei von je 3000 qm

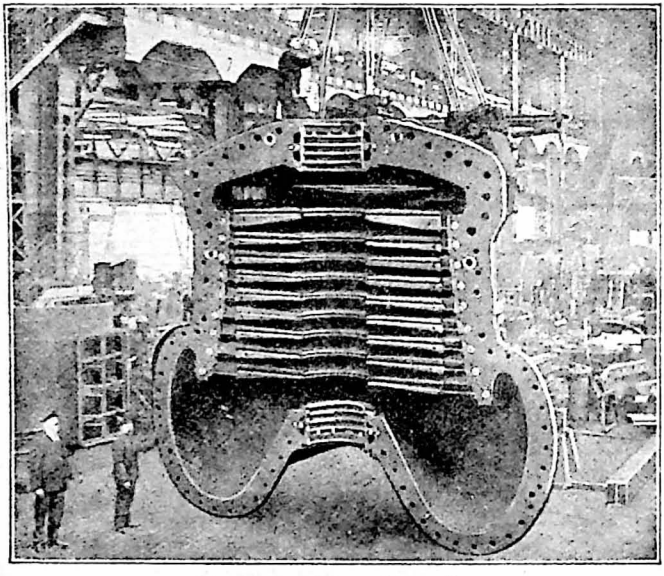


mo von Siemens-Schuckert (s. S. 382 fg.)

Kühlfläche zur Aufstellung kommen, sind, abgesehen von den Wasserkammern, mit Rücksicht auf den Transport in je vier einzelne Schüsse unterteilt. Das Gewicht eines Kondensators beträgt 100 t. Die beiden Abdampfstutzen der Turbine nach dem Kondensator haben je 2500 mm Durchmesser. Die Dampfturbine enthält zehn Räder von 3400 bis

3800 mm Durchmesser; das entspricht einer Umlaufsgeschwindigkeit von 180 bis 220 m in der Sekunde. Die Schaufeln mußten größtenteils aus Material ohne Nickelzusatz angefertigt werden. Dadurch wurde erforderlich, das Rohmaterial für die am stärksten beanspruchten Schaufeln entsprechend der vollen Teilung, d. h. entsprechend der Dicke von Schaufel zusätzlich Füllstück zu nehmen. Aus diesem wurde die eigentliche Laufschaufel herausgefräst, so daß kaum 15% des ursprünglichen Materials verblieben. In ähnlicher Weise war die Herstellung der Schaufeln für das Hochdruckrad durch die Bedingungen des Krieges erschwert.

Der Dynamorotor hat einen äußern Durchmesser von etwa 2200 mm, der einer sekundlichen Umdrehungsgeschwindigkeit von



Turbinengehäuse-Oberteil

115 m entspricht. Es war nicht mehr möglich, diesen Rotor, der einschließlich der Lagerschenkel eine Gesamtlänge von 9 m hat, aus einem Stück herzustellen, sondern es wurde erforderlich, ihn zusammenzusetzen durch den Aufbau einer großen Zahl Platten auf einer eigentlichen Welle.

Die Umlaufszahl, mit der der Dynamorotor in der Fabrik geprüft wurde, betrug das Eineinhalbfache der Betriebstourenzahl, also 1500 in der Minute. Mit einzelnen Platten wurden Versuche bis zu 2000 und 2400 Umdrehungen vorgenommen. Die Lauflager der Maschine haben Durchmesser bis zu 600 mm, entsprechend einer sekundlichen Geschwindigkeit von etwa 32 m. Während der Schleuderprobe des Induktors betrug die Umlaufgeschwindigkeit etwa 47 m. Auch hier wurde eine große Reihe Versuche durchgeführt, um nicht

etwa durch eine Zufälligkeit im Betriebe mit der hohen Umlaufzahl einen großen Schaden oder nennenswerten Aufenthalt in der Fertigstellung der Maschine zu erleiden. Die Anschaffungen, die allein nötig waren, um diese Schleuderprobe mit dem Induktor zu ermöglichen, waren außerordentlich. Trotzdem erschien es unerläßlich, an dem dauernd geübten Grundsatz festzuhalten, die Induktoren für 50% Übertourenzahl zu bauen und grade bei einer so verantwortlichen Maschine diese Schleuderprobe durchzuführen, da es doch gelegentlich eines Dauerbetriebes der Dampfturbinen vorkommen kann, daß sowohl die Regulierung wie auch der getrennt eingefügte Sicherheitsregler wegen Verschmutzens der dampfführenden Teile den Dienst versagt und die Maschine eine hohe Übergeschwindigkeit annimmt.

Die Maschine hat entsprechend dem normalen Aufbau der AEG-Maschinen drei Lager, von denen hier wegen der Größe der Lasten das mittlere als Doppellager ausgebildet wurde. Zwischen den beiden Lagerschalen sind der Turbinenrotor und der Dynamorotor durch starre Flanschkupplung verbunden. Dieser mittlere Lagerkörper ist auch in der Längsrichtung fest verankert, und von diesem ausgehend wächst das Turbinengehäuse nach vorn. Aus diesem Grunde mußte auch die Frischdampfleitung entsprechend beweglich ausgebildet werden. Das Turbinengehäuse selbst hat keinen Fuß, sondern ruht auf dem mittleren Lager und auf dem vordern Lagerkörper, so daß er selbst Einwirkungen der Erwärmung und Abkühlung ungehindert zu folgen vermag.

Ebenso wie auf die Erwärmungs- und Ausdehnungsverhältnisse der Turbine und insbesondere auch auf die heißdampfführenden Teile Wert gelegt wurde, so wurde auch der Formgebung der ganzen Maschine besondre Bedeutung beigemessen. Eine große Zahl Modellausführungen war erforderlich, ehe die heutige Form erzielt wurde. Scharf betont ist bei der Formgebung der Turbine die für die charakteristische umlaufende Bewegung; so ist die runde Form kräftig zum Ausdruck gebracht. Ebenso wurden einheitlich beim Turbinengehäuse, bei den Lagern und in allen Teilen der Dynamo die senkrechten Linien durchgehends kräftig betont, so daß die Maschine den Eindruck vollster Harmonie macht.

Bildtelegraphie und Fernsehen

Von Professor Dr. Korn

Die Aufgabe

Die Übertragung der menschlichen Stimme ist ein seit langem gelöstes Problem. Die größten Entfernungen auf der Erde mittels des Telephons, sei es auf dem Wege durch den Draht oder ohne Draht — das ist sogar noch aussichtvoller — zu überbrücken, erscheint

mir eine Frage von wenigen Jahren, vielleicht nur von Monaten. Wie aber mit den Gesichtseindrücken? Gibt es kein Mittel, das, was an irgend einer Stelle vor sich geht, an einer davon entfernten Stelle zu sehen?

Das Fernrohr ist ja ein solches Mittel, aber es erfüllt diesen Zweck doch nicht in dem weitgehenden Maße wie das Telephon, das alles überträgt, gleichviel ob zwischen dem Empfangs- und Ausgangsort Hindernisse bestehen oder nicht. Unter Fernsehen versteht man etwas ähnliches. Man will die Dinge auch sehen, wenn Berge, Bäume, Häuser dazwischen sind, bei Tag und bei Nacht.

Diese Aufgabe hat die Erfinder seit Jahrzehnten beschäftigt, aber die Lösung der Frage ist bis heut noch ausgeblieben. Zwar hat man vermocht, Bilder fernzuübertragen, natürlich mit Hilfe der Elektrizität, aber das Fernsehen in derselben Vollkommenheit wie das Telephonieren ist uns noch immer vorenthalten.

Für die telegraphische Übertragung von Bildern, z. B. Photographien, kommen vor allem zwei Methoden in Betracht, die Methode der lichtelektrischen Zellen und die telautographische Methode.

Die Methode der lichtelektrischen Zellen, im besondern die Selenmethode (Korn)

Die zu übertragende Photographie wird mit Hilfe einer lichtempfindlichen Zelle, am besten einer Selenzelle, abgetastet, d. h. man bedient sich eines das zu übertragende Bild darstellenden transparenten Films, konzentriert das Licht einer konstanten Lichtquelle auf ein Element des Films, läßt das durchgehende Licht auf die lichtempfindliche Zelle fallen und erhält in der Intensität des durch die Zelle von einer konstanten Batterie gesandten elektrischen Stromes ein Maß der Helligkeit des durchstrahlten Bildelementes. Indem man nacheinander alle Elemente der Photographie in dieser Weise in bezug auf ihre Helligkeit mißt oder in Stromintensitäten umsetzt, hat man ein Mittel, an einem entfernten Empfangsorte aus den eintreffenden Stromintensitäten das Bild ebenso nacheinander wieder zusammenzusetzen. Die hierbei zu benützende Eigenschaft des Selens, seinen elektrischen Widerstand entsprechend seiner Belichtung zu verkleinern, ist mit einigen Schattenseiten behaftet; einmal ist der elektrische Widerstand der Selenzellen sehr groß, und die Intensitäten der zur Verfügung stehenden Linienströme sind daher sehr klein; im allgemeinen gehen die Ströme, die hier zur Verwendung kommen können, in ihrer Stärke nicht über 1 Milliampere hinaus; weiterhin haften den Selenzellen gewisse Trägheitseigenschaften an, die der Schnelligkeit der Übertragungen hinderlich sind. Wenn mir dennoch nach meinen Vorarbeiten in den Jahren 1902 bis 1906 im Jahre 1907 die erste Übertragung einer Photographie mit Hilfe der Selenmethode zwischen München und Berlin gelang und sich daran eine große Zahl solcher Übertragungen auch zwischen andern entfernten Städten schloß, so war dies einmal

nur dadurch möglich, daß für die Übertragungen gut isolierte Fernsprechleitungen zur Verfügung gestellt wurden, und zweitens dank der Benützung meines Selenkompensators, der im wesentlichen aus einer zweiten, der Fühlerzelle entgegengeschalteten Selenzelle besteht, die in ähnlicher Weise wie die Fühlerzelle belichtet wird und durch ihre Trägheitserscheinungen die Trägheitserscheinungen der Fühlerzelle merklich kompensiert.

Sobald die Isolation der Linie nicht besonders gut war, ergaben sich bereits erhebliche Störungen durch Nebenleitungen; die Geschwindigkeit der Übertragungen konnte so weit gesteigert werden, daß eine einfache Photographie, z. B. ein Porträt, in 6 bis 12 Minuten z. B. von München nach Berlin (etwa 600 km) übertragen werden konnte. Eine weitre Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit verhinderte bereits wieder der Umstand, daß trotz der Kompensation, die naturgemäß nur unvollständig sein kann, die Trägheitsfehler in störender Weise hervortreten. Bezüglich des Empfangsverfahrens mag kurz erwähnt werden, daß die Aufnahme im Empfänger photographisch dadurch bewerkstelligt wird, daß die Elemente eines Aufnahmefilms nacheinander, in Harmonie mit der Abtastung des Senderfilms, von einer Lichtquelle belichtet werden, deren Strahlen, entsprechend den ankommenden, den Helligkeiten der Bildelemente im Geber korrespondierenden Stromstärken weniger oder mehr geschwächt werden. Die Einrichtung, die sich hier am besten bewährt hat, besteht in der Verwendung eines Saitengalvanometers, durch das die ankommenden Linienströme geschickt werden. Das Saitengalvanometer hat für diesen Zweck eine besondre Form; es besteht aus zwei zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten ausgespannten, dünnen Metallfäden, auf deren Mitte ein winziges Aluminiumblättchen geklebt ist. Das Blättchen dient als Blende für die von der Lichtquelle auf den Aufnahmefilm gesandten Lichtstrahlen; je größer die Linienströme sind,

Paris—London 12 Minuten (Selenmethode)

je heller also die Elemente des Originalbildes im Geber getönt sind, um so mehr wird das Blättchen, das in der Nullage alle Lichtstrahlen abblendet, abgelenkt, und um so mehr Licht fällt auf den Empfangsfilm, so daß dort somit ein negatives Bild entsteht, von dem dann das positive Bild in gewünschter Anzahl kopiert werden kann.

Das wichtigste Merkmal dieser Methode ist, daß bei derselben quantitativ abgestufte Ströme, entsprechend den Helligkeiten der zu übertragenden Bildelemente, durch die Linie fließen, und daß im Empfänger auch wieder richtige Photographien mit quantitativ abgestuften Helligkeiten entstehen. Zu dieser Art von Methoden, die wir als phototelegraphisch bezeichnen wollen, gehört auch die gelegentlich versuchte Reliefmethode, die sich im Geber einer reliefartigen Photographie bedient, bei der, wie bei den Kohle- und Pigmentdrucken, die Helligkeit jedes Bildelementes durch sein Relief zum Ausdruck kommt. Man läßt bei der Reliefmethode einen Taststift über die (Relief-) Photographie im Geber gleiten und sorgt dafür, daß dieser Taststift je nach dem Relief des Bildes mehr oder weniger gehoben wird und hierbei in die Linienströme mehr oder weniger Widerstand einschaltet. Die Hoffnung, daß man auf diese Weise durch die Ausschaltung der lichtempfindlichen Zellen, unter Ausnützung der rein mechanischen Bewegung des Taststiftes, eine größre Übertragungsgeschwindigkeit als bei der Selenmethode erzielen könnte, hat sich nicht erfüllt, im Gegenteil; obwohl auf diese Methode, namentlich in Frankreich, viel Mühe verwendet wurde, konnten die erzielten Ergebnisse weder in der Qualität, noch in der Übertragungsgeschwindigkeit an die Resultate der Selenmethode heranreichen.

Die Schwierigkeit der Selenmethode, die in den obigen Ausführungen hervorgehoben wurde, wird dagegen bei der zunächst zu besprechenden telautographischen Methode vermieden, die für die Übertragungen von Photographien über lange Leitungen kleiner Kapazität (Fernsprechleitungen bis zu 1500 km) sehr geeignet ist.

Die telautographische Methode (Korn)

Diese Methode geht, in bezug auf die Übertragung von Zeichnungen und Handschriften, bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurück. Die zu übertragende Handschrift oder Zeichnung wurde auf einem Metallzylinder mit einer die Elektrizität nicht leitenden Tinte aufgetragen, und ein Taststift tastete zeilenweise den Zylinder ab, indem er jedesmal, wenn er auf eine leitende Stelle kam, einen zum Empfänger gehenden Strom schloß, während derselbe so lange geöffnet bleibt, wie der Taststift auf nichtleitenden Teilen der Zylinderoberfläche schleift. Die Reproduktion im Empfänger mit Hilfe der ankommenden Ströme erfolgte früher elektrochemisch, indem auf einem geeignet chemisch präparierten Papier von einem Schreibstift jedesmal ein Zeichen markiert wurde, wenn ein Linienstrom eintraf, während

keine Markierung entſtand, ſolange der Linienſtrom ausblieb, oder elektromechaniſch, indem der Schreibſtift jedesmal auf das Empfangspapier niedergedrückt wurde, wenn ein Strom durch die Linie floß, während wieder keine Markierung entſtand, ſolange der Linienſtrom ausblieb. Um Photographien auf dieſem Wege zu übertragen, muß die betreffende Photographie erſt mit Hilfe des in der Autotypie gebräuchlichen Raſterverfahrens in ein Schwarz- und Weißbild verwandelt werden. Man kopiert ſie zu dieſem Zwecke durch ein Glasraſter, das für dieſe Zwecke aus einer großen Zahl paralleler, dicht aneinander liegender, in eine Glasplatte eingeritzter Linien beſteht, auf eine mit Chromgelatine überzogene Metallplatte. Die Chromgelatine wird an den vom Licht getroffnen Stellen für Waſſer unlöslich, und wenn man nach dem Kopierprozeß die Platte wäſcht, bleiben die nicht belichteten Stellen als ein die Elektrizität nicht leitender Überzug zurück. Die Kopie hat bei dem Raſterverfahren die beſondre Eigenſchaft, daß an den belichteten Stellen die Zwiſchenräume zwiſchen den Raſterlinien (als metalliſch reine Stellen) dem Grade der Helligkeit der Tönung entſprechend verkleinert erſcheinen. Man kann nunmehr ein ſolches Kliſchee zum Zwecke der telautographiſchen Übertragung von einem Taſtſtifte in derſelben Weiſe abtaſten laſſen, wie wir dies ſoeben für Handſchriften und Zeichnungen auseinandergeſetzt haben, die mit einer nichtleitenden Tinte auf einer metalliſchen Oberfläche aufgetragen ſind.

Paris—Monte Carlo 12 Minuten
(Telautographiſche Methode)

Wenn ſich bereits für Handſchriften und Zeichnungen der elektrochemiſche Empfang als für praktiſche Zwecke zu langſam erwies, ſo gilt dies um ſo mehr, wenn es ſich um die telautographiſche Übertragung ſolcher Raſterphotographien handelt; das photographiſche Aufnahmeverfahren mit Hilfe des Saitengalvanometers brachte auch hier eine für praktiſche Zwecke genügende Übertragungsgeſchwindigkeit, und dieſe Methode wurde von mir im Verein mit meinem Mitarbeiter und Freunde Glatzel — der im Jahre 1914 auf dem Felde der Ehre gefallen iſt — in den Jahren 1908 bis 1914 techniſch

ſorgfältig durchgearbeitet, ſo daß bei Übertragungszeiten von etwa einer Viertelſtunde ganz ausgezeichnete Reſultate über ziemlich lange Fernſprechlinien (bis etwa 1500 km) gelangen. Das für den Empfang bei telautographiſchen Übertragungen verwendete Saitengalvanometer iſt weſentlich einfacher als das Empfangsinſtrument bei der Phototelegraphie; es beſteht in dieſem Falle, wie bei den Anwendungen in der Experimentalphyſik im allgemeinen und für phyſiologiſche Zwecke aus einem einzigen dünnen Metallfaden, der zwiſchen den Polen eines kräftigen Elektromagneten ausgeſpannt iſt; wie bei dem phototelegraphiſchen Empfänger dient das Saitengalvanometer wieder dazu, bei Eintreffen von Linienſtrömen, die durch den Faden des Galvanometers gehen und dieſen ablenken, Licht auf ein Element des Empfangsfilms fallen zu laſſen, während der Faden das Licht in der Ruhelage, wie eine Blende, hieran verhindert. Bei der telautographiſchen Methode gibt es entweder Strom oder nicht, im Gegenſatz zu der phototelegraphiſchen Methode, bei der quantitativ abgetönte Ströme durch die Linie zum Empfänger geſandt werden. Da bei der telautographiſchen Methode auch weſentlich größre Ströme zur Verfügung ſtehen (es werden im allgemeinen Ströme von 10 bis 20 Milliampere verwendet), kann der Metallfaden des Saitengalvanometers, das nun nicht mehr ſo empfindlich zu ſein braucht, ſtärker geſpannt werden, und man gewinnt auf dieſe Weiſe eine größre Rapidität, die Übertragungsgeſchwindigkeit kann ſo weit geſteigert werden, daß bis zu 2000 Zeichen in der Sekunde regiſtriert werden; die Grenze liegt dabei bisher noch nicht in dem Empfangsinſtrument, ſondern in der Kapazität der Leitungen, die bei größren Entfernungen, obwohl man bereits die beſten Fernſprechleitungen verwendet, und trotz Anwendung der zur Überwindung der durch die Kapazität hervorgebrachten Fehler üblichen Kunſtgriffe eine größre Rapidität nicht mehr zuläßt.

Die telautographiſche Methode iſt der phototelegraphiſchen Methode für die praktiſchen Anwendungen zweifellos überlegen, wenn auch die letzterwähnte die intereſſantere iſt, und wenn auch ihre Reſultate bei günſtigen Bedingungen weichere, künſtleriſchen Anſprüchen mehr genügende Tönungen darbieten.

Beide Methoden ſind in der jüngſten Zeit auch für die drahtloſe Übertragung ausgearbeitet worden (für beliebige Entfernungen). Durch Vergrößrung der Übertragungsgeſchwindigkeiten wurde man ſich der Löſung des Problems des elektriſchen Fernſehens nähern.